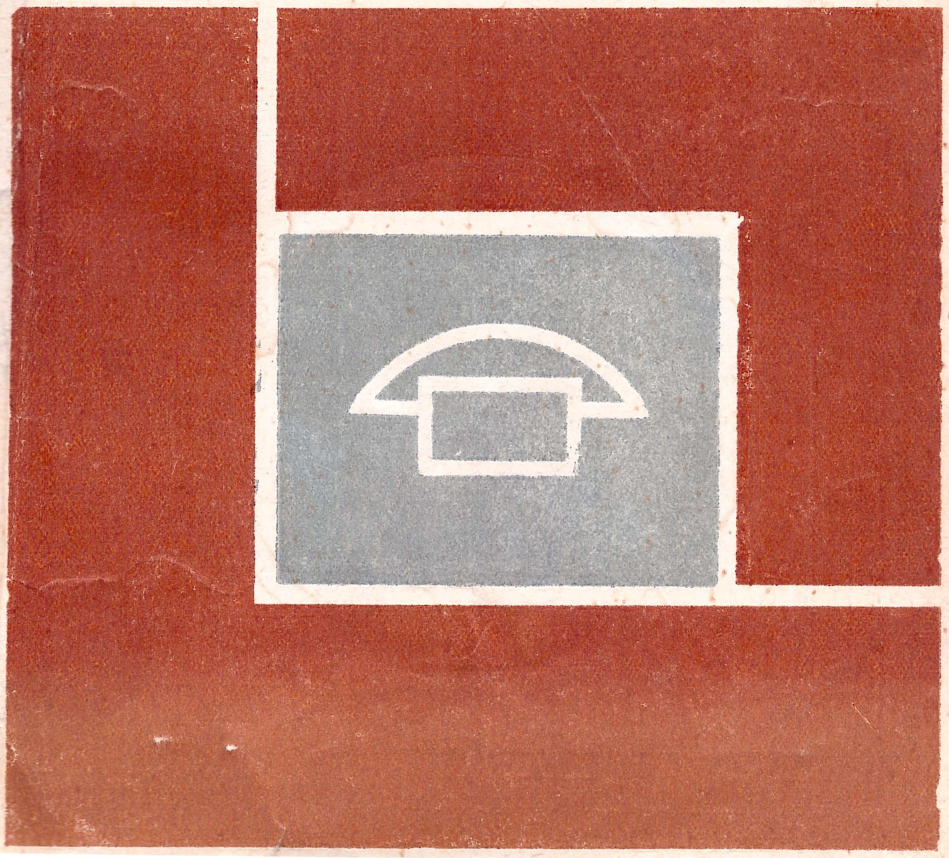
621.395
В 68

А.Н.ВОЛОЦКОЙ

ТЕЛЕФОННАЯ СВЯЗЬ В СИСТЕМАХ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ



В68

А. Н. ВОЛОЦКОЙ

ТЕЛЕФОННАЯ СВЯЗЬ В СИСТЕМАХ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

621.395

055738

ИЗДАТЕЛЬСТВО «СВЯЗЬ»
МОСКВА 1974

6Ф1.2—6Ф8
В67
УДК 658.284

Волоцкой А. Н.

В67 Телефонная связь в системах оперативного управления. М., «Связь», 1974

128 с. с ил.

Рассмотрены вопросы организации телефонной связи в системах оперативного управления, взаимодействия телефонной связи с устройствами автоматизации, виды телефонной связи систем оперативного управления, принципы построения и коммутации трактов телефонной связи, оборудование рабочих мест операторов, эффективность функционирования систем.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников, проектирующих и эксплуатирующих системы производственной связи.

$В\frac{30602-55}{045(01)-74}69-74$ 6Ф1.2—6Ф8

© Издательство «Связь», 1974 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одним из новых направлений развития народного хозяйства СССР, намеченным в решениях XXIV съезда КПСС и реализуемым в планах IX пятилетки, является создание и широкое внедрение в жизнь автоматизированных систем управления.

Значительный рост числа автоматизированных систем управления, созданных за последнее время для различных отраслей народного хозяйства, требует подготовки специалистов, хорошо знакомых со спецификой разработки и эксплуатации как АСУ в целом, так и отдельных их элементов.

Настоящая книга посвящена одному из важных вопросов современных систем управления — организации и эксплуатации телефонной связи, имеющему особо важное значение во многих оперативных системах.

В имеющейся литературе этот вопрос освещен недостаточно полно и поэтому выход в свет настоящей книги является весьма своевременным и в какой-то мере восполняет имеющийся в технической литературе пробел.

Академик В. С. Семенихин

ОТ АВТОРА

Внедрение автоматизированных систем управления резко повысило требования, предъявляемые к организации информационного обмена, как основе эффективного функционирования системы. Развитие техники обмена информацией шло, главным образом, по пути разработки, совершенствования и внедрения современных средств передачи данных с помощью дискретных сигналов. Это отодвинуло на второй план вопросы обеспечения оперативных систем управления речевой информацией. Между тем отечественные и зарубежные данные свидетельствуют о том, что, пока в управлении сложной системой активное участие принимает человек, значение обмена речевой информацией чрезвычайно велико.

К сожалению, в настоящее время вопросы обмена речевой информацией в системах управления не нашли достаточно полного отражения в технической литературе. В связи с этим выход в свет настоящей книги может рассматриваться как попытка, предпринятая автором, в какой-то мере восполнить этот пробел. Книга не претендует на полное освещение всех вопросов, связанных с обменом речевой информацией в системах управления, однако она составлена с таким расчетом, чтобы наиболее важные вопросы обмена речевой информацией нашли свое отражение.

В книге рассматриваются, главным образом, вопросы обеспечения речевой информацией наиболее массовых, ведомственных автоматизированных систем управления.

Стремление показать несостоятельность существующего иногда пренебрежительного отношения к телефонной связи в системах управления, как к чему-то второстепенному, заставило автора важное место в книге отвести вопросам взаимодействия телефонной связи с устройствами автоматизации управления и значению обмена речевой информацией.

В книге рассмотрены специфические особенности видов связи, как вида, обладающего наибольшей оперативностью. Значительное место уделено принципам организации, обмена речевой информации, вопросам коммутации трактов телефонной связи, обеспечению надежности и живучести оперативной связи и оборудованию рабочих мест операторов.

Автор приносит глубокую благодарность академику В. С. Семенихину, к. т. н. Г. М. Матлину и рецензенту Б. А. Лысогорскому, ценные замечания и полезные советы которых позволили существенно улучшить содержание книги.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией средств обмена речевой информацией систем управления, а также на учащихся, изучающих вопросы автоматизации управления.

Все замечания и отзывы следует направлять по адресу: Москва-центр, Чистопрудный б., 2.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

Общие понятия о системах оперативного управления

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Развитие современной техники, намеченное в решениях XXIV съезда КПСС и реализуемое в планах девятой пятилетки, направлено по пути широкой автоматизации производства и управления. Однако автоматизация вовсе не означает полного исключения человека из системы управления. Наоборот, создание так называемых сложных систем ставит перед человеком, управляющим такой системой, новые, весьма сложные задачи.

Под термином «система» условимся понимать комплекс элементов, динамически связанных в едином процессе функционирования, объединенных общей целью и охваченных единой сетью обмена информацией. Управление сложной системой — сложный процесс, требующий функционирования многих вспомогательных устройств, образующих систему управления.

Системой управления принято называть организацию процесса функционирования сложной системы, осуществляемую комплексом технических средств, обеспечивающих работу одного или нескольких взаимосвязанных объектов.

Важная роль в системе управления отводится человеку (оператору), осуществляющему непосредственное управление функционированием системы. Количество операторов, участвующих в управлении, может быть различно и зависит от сложности системы.

Кроме операторов, функционирование сложной системы обеспечивается целым коллективом обслуживающего персонала, осуществляющим техническое и организационное обеспечение системы в целом и входящих в нее элементов. Все участники, обеспечивающие функционирование системы, находятся в непрерывном взаимодействии, требующем взаимного общения с целью обмена информацией о ходе функционирования элементов системы.

Обмен информацией в сложной системе является одним из важнейших элементов процесса управления, оказывающих чрезвычайно важное влияние на эффективность функционирования системы. Естественно, что эффективность функционирования сложной системы определяется, в первую очередь, уровнем ее технического оснащения. Однако эффективность функционирования одной и той же системы будет различна в зависимости от того как организован обмен информацией. Чем совершеннее организация ин-

формационного обмена, тем выше эффективность функционирования системы.

В зависимости от способа осуществления обмена и обработки информации и образа ее использования для воздействия на управляемые объекты система оперативного управления называется неавтоматизированной, автоматизированной или автоматической.

В неавтоматизированной системе управления обмен и обработка информации осуществляются с помощью простейших средств. Обмен информацией происходит, главным образом, между оператором центрального пункта управления и оператором управляемого объекта и осуществляется в основном путем телефонных переговоров, реже путем телеграфных сношений или простейшими средствами телеуправления. Обработка информации, ее анализ, а также все необходимые математические расчеты производятся оператором, и при этом, естественно, затрачивается значительное время. Процесс обработки и анализа информации в неавтоматизированной системе управления не исключает возможности совершения оператором ошибок, что снижает качество управления.

Таким образом, в неавтоматизированной системе все управление сосредоточено в руках оператора и эффективность управления зависит исключительно от опыта оператора, его интуиции и других субъективных качеств, а также от оперативности организации телефонной связи. Поэтому телефонная связь в неавтоматизированной системе, по существу, является важнейшим средством обмена информацией.

В автоматических системах все управление осуществляется автоматами. Обработка поступающей информации производится с помощью электронно-вычислительных машин (ЭВМ), а обмен информацией — при посредстве аппаратуры передачи данных. Под аппаратурой передачи данных принято понимать совокупность устройств, обеспечивающих передачу по каналу связи сигналов, несущих определенную информацию.

Существует множество способов передачи сигналов, несущих информацию, различные структуры формирования сообщений, разнообразие электрических характеристик сигналов. Однако важнейшим отличительным признаком любой аппаратуры системы передачи данных является ее быстродействие. Аппаратуру передачи данных принято разделять на высокоскоростную, среднескоростную и низкоскоростную. Высокоскоростная аппаратура передачи данных обеспечивает возможность передачи большого объема информации в единицу времени. Скорость передачи такой аппаратуры достигает нескольких тысяч бит/с (например, 4800 бит/с). Аппаратура передачи данных, обладающая скоростью порядка 1200 бит/с, считается среднескоростной, а аппаратура, имеющая более низкую скорость, — низкоскоростной. К низкоскоростной аппаратуре относится любая телеграфная аппаратура, обеспечивающая передачу информации со скоростью до 100 бит/с.

Роль человека (оператора) в автоматической системе весьма ограничена и сводится к пассивной реакции, т. е. к общему наб-

людению за ходом функционирования системы, контролю, корректировке, подстройке отдельных элементов.

В настоящее время наибольшее распространение получают автоматизированные системы, являющиеся как бы переходными от неавтоматизированных к автоматическим. В автоматизированной системе сохраняется участие оператора в процессе управления, как одного из обязательных и важнейших компонентов системы управления при максимальном использовании различных автоматических устройств и электронно-вычислительной техники.

Обмен информацией в автоматизированных системах управления осуществляется: 1) при помощи аппаратуры передачи данных и 2) путем непосредственного общения или путем телефонных переговоров операторов, участвующих в управлении, а также получением информации с помощью фототелеграфа, системы промышленного телевидения и некоторых других средств.

Обработка информации, как и в автоматической системе, ведется электронно-вычислительными машинами, с той лишь разницей, что в ЭВМ вводится не только информация, полученная с помощью аппаратуры передачи данных, но и та информация, которую получает оператор посредством телефонных переговоров и путем наблюдения за различной аппаратурой отображения и показаниями контрольных приборов. Эта дополнительная информация после соответствующей обработки вводится в ЭВМ с помощью специальных устройств ручного ввода информации. ЭВМ обрабатывает всю суммарную информацию и выдает оператору данные, обеспечивающие ему возможность принятия оптимальных решений по дальнейшему управлению ходом процесса функционирования системы. Принятые оператором решения преобразуются в команды управления, которые в виде условных сигналов с помощью аппаратуры передачи данных передаются по каналу связи на управляемый объект. На управляемом объекте команды воспринимаются специальной аппаратурой и преобразуются в сигналы управления непосредственно исполнительными элементами, если способ управления полностью автоматизирован, или же высвечиваются на соответствующем табло, воспринимаются оператором, который и осуществляет ручное управление исполнительными элементами.

Как бы совершенны ни были средства передачи данных и отображения, всегда имеется достаточно большой объем информации, не охваченной программой автоматического обмена и без которой система не может нормально функционировать. Таким образом, средства связи, обеспечивающие возможность телефонных переговоров, наряду со средствами передачи данных являются важнейшей и неотъемлемой частью автоматизированной системы управления.

Вот почему недооценка значения телефонной связи в автоматизированных системах управления приводит к значительным просчетам при проектировании систем и в конечном счете существенно снижает эффективность их функционирования.

1.2. СТРУКТУРА СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ

Под сложной системой понимается система, характеризующаяся наличием нескольких взаимосвязанных объектов, каждый из которых представляет самостоятельную подсистему, участием в процессе функционирования больших коллективов людей, наличием операторов, управляющих работой элементов системы, использованием вычислительной техники и различных устройств автоматизации, наличием достаточного объема средств связи и передачи данных.

Расстояние, на котором находятся взаимодействующие объекты системы, может быть самое разнообразное. Так, например, автоматизированная система управления заводом или цехом ограничена территорией соответственно завода или цеха. В то время сложные системы, как, например, железнодорожный транспорт страны, энергетическая система страны или крупного района, системы нефте- и газопроводов, система противовоздушной обороны и многие другие, имеют взаимодействующие объекты, находящиеся на значительном расстоянии друг от друга, превышающем сотни и даже тысячи километров.

С увеличением расстояния между взаимодействующими объектами системы значительно усложняется ее структура и техническое оснащение. Возникает необходимость создания обширной сети каналов связи, позволяющих организовать обмен информацией создания путем передачи данных и речевой информации. Сам процесс информационного обеспечения усложняется, так как возникает необходимость применения аппаратуры передачи данных, а для обмена речевой информацией требуется применение специальных устройств, обладающих высокой оперативностью телефонной связи.

Каждая сложная система обладает особой, присущей только ей одной спецификой, отличающей эту систему от других. Однако несмотря на разнообразие особенностей различных сложных систем, в каждой из них можно найти элементы структуры, общие для всех сложных систем. Центром сложной системы является центральный пункт управления ЦПУ, на котором работает коллектив операторов, управляющих работой системы и возглавляемый главным оператором. ЦПУ имеет в своем распоряжении средства телекодовой и речевой оперативной связи, с помощью которых осуществляется взаимодействие с управляемыми и взаимодействующими объектами, а также средства автоматизации управления.

На управляемых объектах УО имеется оператор, возглавляющий управление данным объектом, в распоряжении которого имеются средства оперативной связи с ЦПУ, соседним УО и средства управления исполнительными элементами данного объекта.

Основными элементами ЦПУ являются: аппаратура автоматического управления ААУ, обеспечивающая автоматизацию наиболее трудоемких процессов управления; аппаратура передачи данных АПД, обеспечивающая обмен информацией между ЦПУ и

управляемыми объектами; аппаратура отображения АО, дающая возможность операторам визуально наблюдать за ходом процесса функционирования; ЭВМ, позволяющая обрабатывать и анализировать полученную информацию; каналообразующая аппаратура КОА, обеспечивающая систему необходимым количеством каналов связи; пульты управления ПУ, с помощью которых выдаются команды управления; пульты связи ПС, подключающие переговорные устройства операторов к каналам связи для обмена речевой информацией.

Аппаратура, устанавливаемая на управляемых объектах, имеет такое же назначение. Кроме аппаратуры, перечисленной выше, на управляемых объектах имеются датчики, фиксирующие состояние исполнительных элементов и являющиеся первичными источниками информации, поступающей на ЦПУ с управляемых объектов. На рис. 1.1 приведена структурная схема ЦПУ и одного из управляемых объектов. Остальные управляемые объекты на рис. 1.1 показаны условно.

Кроме связи с управляемыми объектами, ЦПУ имеет связь с вышестоящими и взаимодействующими объектами.

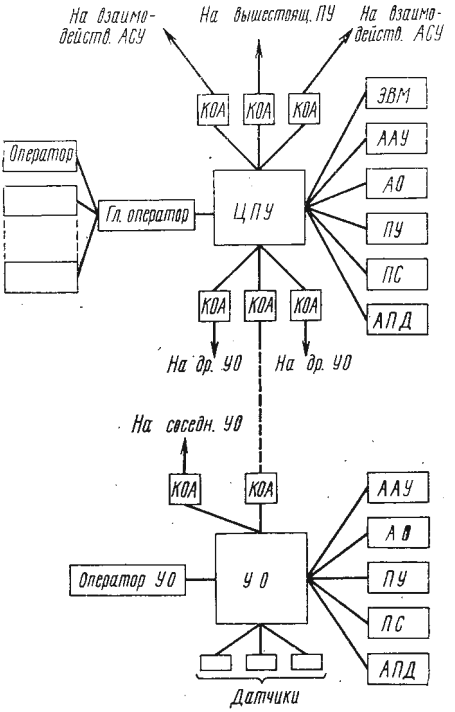


Рис. 1.1. Структурная схема сложной системы

1.3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ

Взаимодействие элементов сложной системы основано на непрерывном обмене информацией между ЦПУ и УО. Исходной является задача, поставленная перед системой в целом. Эта задача в соответствии с алгоритмом работы системы распределяется между операторами ЦПУ.

Каждый оператор, получив свою часть общей задачи, составляет план реализации ее и передает команды на управляемые им объекты. Оператор УО, получив команду, приступает к ее выполнению, приводя в действие исполнительные элементы данного объекта и немедленно информируя оператора ЦПУ о результатах, полученных от предпринятых действий.

В зависимости от степени централизации управления взаимодействие элементов сложной системы может происходить в несколько иной последовательности. Например, часть команд может передаваться исполнительным элементам УО непосредственно с ЦПУ без переприема и дополнительной обработки их на УО. При этом все команды, выданные ЦПУ, и результаты работы исполнительных элементов по этим командам обязательно должны отображаться специальными устройствами отображения на пульте управления УО.

Однако при любых вариантах взаимодействия элементов сложной системы общий цикл взаимодействия может быть представлен в виде непрерывного, замкнутого контура обмена информацией, как это показано на рис. 1.2.

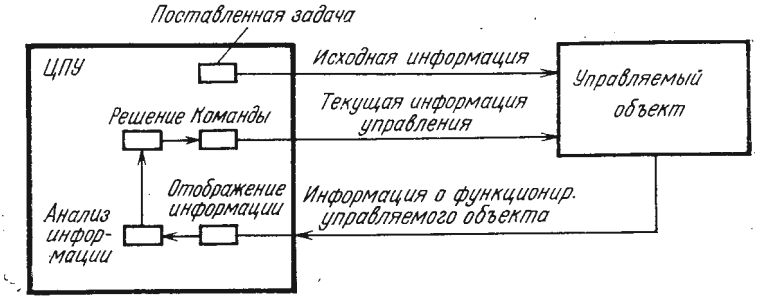


Рис. 1.2. Обмен информацией в системе управления

1.4. СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНОЙ СИСТЕМОЙ

Из сказанного выше следует, что основными средствами управления сложными системами являются:

1. Средства связи, объединяющие в единое целое разрозненные элементы системы и обеспечивающие обмен информацией между элементами системы в объеме, необходимом для ее эффективного функционирования, а также позволяющие осуществлять контроль за ходом процесса управления.

2. Средства получения информации о функционировании составных элементов управляемого объекта (различные датчики).

3. Средства отображения поступающей информации, обеспечивающие операторам возможность наблюдать и фиксировать создавшуюся ситуацию.

4. Средства обработки и анализа поступающей информации, позволяющие оценивать создавшуюся ситуацию и принимать оптимальные решения о дальнейшем ходе процесса функционирования системы.

5. Средства, обеспечивающие выбор хода процесса управления, т. е. выработку программы воздействия на определенные параметры системы.

6. Средства воздействия на процесс управления, обеспечивающие его развитие в желаемом направлении.

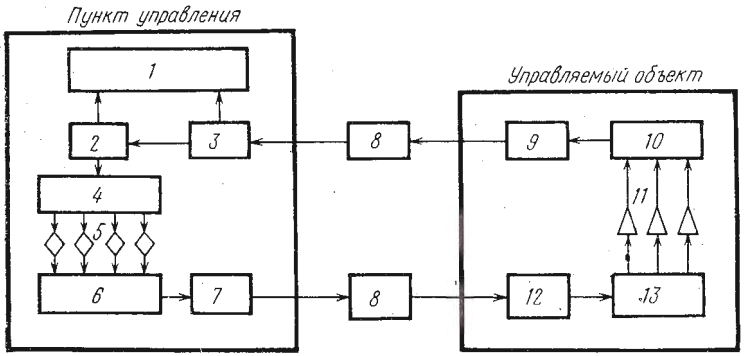


Рис. 1.3. Функциональная зависимость между элементами управления сложной системой:

1 — средства отображения; *2* — средства обработки анализа; *3* — средства приема информации; *4* — средства выбора хода управления; *5* — средства управления; *6* — средства формирования команд; *7* — средства выдачи команд; *8* — средства связи; *9* — средства передачи информации; *10* — средства контроля; *11* — датчики; *12* — средства приема команд; *13* — исполнительные элементы

На рис. 1.3 показана функциональная зависимость между перечисленными основными средствами управления сложной системой.

1.5. АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНОЙ СИСТЕМОЙ

Основным требованием, предъявляемым к современным системам управления, является своевременность принятия мер по изменению хода процесса функционирования управляемого объекта с целью дальнейшего развития его в желаемом направлении.

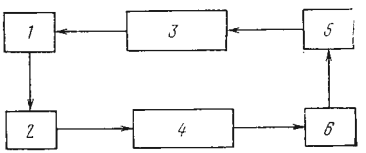
Следовательно, одним из главнейших требований, предъявляемых к управлению сложной системой, является высокое быстродействие всех звеньев системы управления. Быстродействие системы управления характеризуется временны́м параметром так называемого цикла управления.

Циклом управления принято называть полное время, необходимое на получение информации от управляемого объекта о ходе процесса его функционирования; анализ и обработку этой информации; передачу сигналов управления на управляемый объект и срабатывание исполнительных элементов.

На рис. 1.4 показаны основные звенья цикла управления сложной системой. В каждом звене происходит затрата определенного

Рис. 1.4. Цикл управления

1 — анализ полученной информации и выбор программы воздействия; *2* — выдача команд; *3* — передача информации о ходе процесса функционирования; *4* — передача команд управления на объект; *5* — сбор данных о функционировании объекта; *6* — обработка команд исполнительными элементами



времени, и поэтому повышение быстродействия всей системы управления в целом может быть достигнуто за счет сокращения времени, затрачиваемого в каждом звене. Основная затрата времени приходится на анализ полученной информации, выбор программы воздействия на управляемые элементы и выдачу команд управления. Значительное время затрачивается на обмен информацией между управляющим и управляемым объектами.

Время, которое затрачивается на управление и исполнение команд (время цикла управления), может быть представлено в виде суммы, состоящей из следующих слагаемых:

$$T_{упр} = t_{пр} + t_{ан} + t_{реш} + t_{ком} + t_{пер} + t_{исп},$$

где $T_{упр}$ — полное время цикла управления, необходимое на управление и исполнение команд; $t_{пр}$ — время, затрачиваемое на прием информации, поступающей от датчиков управляемого объекта; $t_{ан}$ — время, необходимое для анализа полученной информации; $t_{реш}$ — время, необходимое для принятия решения; $t_{ком}$ — время, затрачиваемое на выдачу команд; $t_{пер}$ — время, необходимое для передачи команд на управляемый объект; $t_{исп}$ — время, требуемое для отработки поступивших команд исполнительными элементами на управляемом объекте. Слагаемые $t_{ан}$, $t_{реш}$ и $t_{ком}$ составляют время действия системы управления, слагаемые $t_{пр}$ и $t_{пер}$ составляют время, необходимое для обмена информацией, и слагаемое $t_{исп}$ — время действия исполнительных органов.

Стремление повысить эффективность функционирования современной системы приводит к необходимости сокращения времени цикла управления, т. е. к повышению быстродействия системы.

Современная система управления должна обеспечивать своевременное поступление информации от управляемых объектов, быстрый анализ полученной информации, производство всех математических расчетов, необходимых для принятия решения, быстрое доведение команд, соответствующих принятым решениям, до исполнительных элементов объектов и осуществлять контроль за изменением процесса функционирования управляемых объектов.

Реализация этих требований возможна только путем автоматизации системы управления, так как при отсутствии средств автоматизации управления время цикла управления ограничивается возможностями оператора, в обязанность которого входит проведение анализа получаемой информации и математических расчетов.

Современный уровень развития техники управления и, в частности, электронно-вычислительной техники позволяет автоматизировать все основные элементы процесса управления системой, в том числе и самые трудоемкие.

Говоря об автоматизации управления сложной системой, имеется в виду комплексная автоматизация всех звеньев цепи управления. Только при такой, комплексной, автоматизации процесс управления принимает новые, более совершенные формы.

В неавтоматизированных системах анализ полученной информации и выбор способа воздействия осуществляются операторами,

поэтому затрата времени на этот этап управления весьма значительная и зависит исключительно от субъективных качеств оператора: его опыта, интуиции, решительности и т. п. Обмен информацией в неавтоматизированных системах осуществляется путем телефонных переговоров, на что также затрачивается значительное время.

Автоматизация управления сложной системой базируется на ЭВМ и быстродействующих средствах обмена информацией. ЭВМ обеспечивает производство всех трудоемких расчетов, необходимых для составления программы работы системы; быструю обработку и анализ большого объема информации, полученной от управляемых объектов; сравнение этой информации с заданными характеристиками параметров элементов системы, а также хранение полученной информации в электронной памяти машины в течение заданного времени.

Средства обмена информацией обеспечивают своевременное получение данных для работы ЭВМ и передачи команд на управляемые объекты. Чем больше автоматизирована система, тем выше ее быстродействие и, следовательно, тем труднее оператору следить за процессом функционирования системы. Чтобы оператор все время был в курсе хода процесса функционирования системы, на автоматизированных системах устанавливают специальные устройства отображения, которые непрерывно или по требованию оператора отображают состояние управляемых объектов и правильность их функционирования. Весь процесс отображения полностью автоматизирован, а средства отображения выполнены в виде различных табло, индикаторов с электроннолучевыми трубками, различной оптической и акустической сигнализации и измерительных приборов, расположенных на пультах управления. Оператор, находясь на своем рабочем месте, видит все, что в данный момент отображается, и, кроме того, имеет возможность получить на своем пульте дополнительное отображение интересующих показателей функционирования системы.

Комплексная автоматизация всех звеньев управления системой не встречает больших затруднений с технической стороны. Однако степень автоматизации процессов управления сложной системы и процессов обработки и отображения информации определяется не только возможностями техники.

Полная автоматизация процессов управления и полное исключение человека (оператора) из сферы управления системой на данном уровне развития техники являются нецелесообразными. Следует иметь в виду еще и то, что оператор может выполнять некоторые функции управления быстрее и лучше, чем автоматические устройства. Способность человека делать выводы и принимать решения на основании неполной информации, восполнять ее пробелы и корректировать ее содержание является для машины в настоящее время почти невыполнимой задачей, в то время как оператор, обладающий некоторым опытом работы, успешно справляется с этими проблемами. Таким образом, степень автоматизации процес-

сов управления сложными системами определяется тем, насколько рационально распределены функции между машиной и человеком.

Автоматизация средств связи также получает в настоящее время достаточно широкое распространение. Данные, приведенные по этому вопросу в настоящей книге, основаны на отечественном и зарубежном опыте.

1.6. СРЕДСТВА СВЯЗИ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Средства связи предназначены для обеспечения обмена информацией между взаимосвязанными и взаимодействующими элементами системы и, таким образом, являются важнейшим и неотъемлемым звеном системы в равной мере с другими ее звеньями, влияющими на эффективность функционирования системы в целом.

Комплекс средств связи (рис. 1.5) можно подразделить на следующие составные элементы: каналы связи и каналообразующую

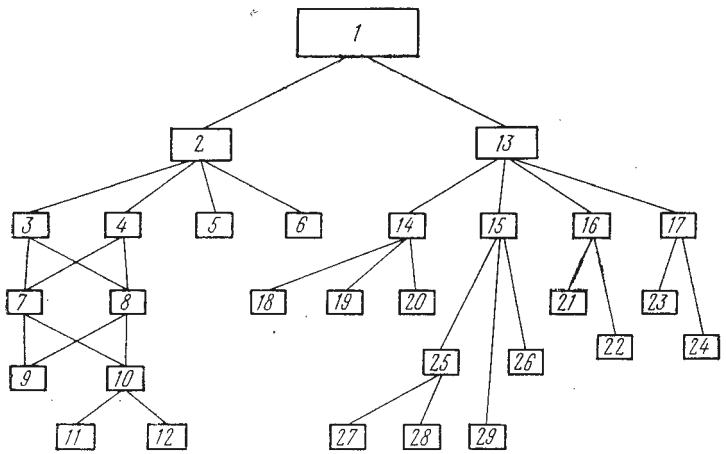


Рис. 1.5. Структура комплекса средств связи системы управления:

1 — средства обмена информацией; *2* — каналы связи: *3* — воздушные; *4* — кабельные; *5* — радиорелейные; *6* — радио; *7* — физические цепи; *8* — многоканальное уплотнение; *9* — каналы тч; *10* — каналы вторичного уплотнения; *11* — каналы ТТ; *12* — каналы синтетического телефонирования; *13* — средства обмена информацией; *14* — средства передачи данных; *15* — средства речевого обмена; *16* — средства сигнализации; *17* — средства отображения; *18* — низкоскоростные; *19* — среднескоростные; *20* — высокоскоростные; *21* — акустические; *22* — оптические; *23* — табло; *24* — электроннолучевые трубки; *25* — оперативная связь; *26* — служебная связь; *27* — телефон; *28* — ГГС; *29* — внутренняя телефонная связь

аппаратуру; средства передачи данных; средства речевого обмена информацией.

В качестве каналов связи используют стандартные телефонные каналы, рассчитанные на пропускание полосы частот от 300 до 3400 Гц. Такие каналы полностью удовлетворяют требованиям как для передачи данных, так и для телефонной связи, и только в исключительных случаях, вызванных необходимостью обеспечить передачу очень большого объема информации с большой ско-

ростью, используются специальные, широкополосные каналы связи. В настоящее время еще применяются каналы с более узкой полосой пропускания — от 300 до 2700 Гц, но они постоянно заменяются стандартными.

Каналы связи образуются на кабельных и воздушных линиях связи непосредственно по физическим цепям или путем уплотнения физических цепей многоканальной аппаратурой связи (каналы вч телефонирования). Кроме того, применяются каналы радиорелейных линий связи и в некоторых случаях каналы различных видов радиосвязи.

Несомненный интерес представляет проблема использования для образования каналов связи сооружений, не предназначенных для обмена информацией. К таким сооружениям следует отнести, например, линии электропередач (ЛЭП), низковольтные силовые линии, различные трубопроводы (например, нефте- и газопроводы), рельсовые путепроводы, троллейные провода и т. п.

В настоящее время более или менее решена проблема использования ЛЭП для образования каналов обмена информацией. Для передачи весьма ограниченного объема информации используются также рельсовые цепи железнодорожного транспорта и метрополитена, а также лазерные лучи в качестве каналов связи.

Использование остальных потенциальных каналоносителей пока еще не вышло за рамки экспериментов, и указанная проблема, несмотря на ее бесспорную актуальность, еще не получила полного разрешения.

Выбор тех или иных видов каналов связи определяется местными условиями и зависит исключительно от конкретных возможностей.

Выбор каналообразующей аппаратуры для каналов связи АСУ также определяется в основном конкретными условиями. Для организации каналов связи используется различная аппаратура уплотнения. На тех направлениях, где идут большие пучки каналов, применяется многоканальная аппаратура, а там, где требуемое количество каналов невелико, например на подходах к оконечным управляемым объектам, используется малоканальная аппаратура уплотнения.

В зависимости от требуемой скорости передачи и объема передаваемой информации применяется различная аппаратура связи. В тех случаях, когда требуется передавать информацию со скоростью до 100 бит/с, используется аппаратура тонального телеграфирования, а для передачи информации с более высокой скоростью — специальная аппаратура передачи данных, обеспечивающая значительно более высокие скорости передачи информации (например, 1000—4800 бит/с). При применении аппаратуры передачи данных с высоким быстродействием один телефонный канал используется для организации одного канала передачи данных. При применении аппаратуры передачи данных с низким быстродействием один телефонный канал используется для организации нескольких узкополосных каналов передачи данных или при

применении аппаратуры вторичного уплотнения — для организации одного канала передачи данных и одного или двух телефонных каналов.

Средства речевого обмена информацией позволяют получить дополнительную, речевую информацию путем телефонных переговоров между операторами. Переговоры могут осуществляться с помощью микротелефонных трубок, микротелефонных и ларингофонных гарнитур, с использованием громкоговорителей[1]). Без этого вида связи не может существовать ни одна система оперативного управления, так как в процессе работы часто возникает необходимость иметь возможность обмена речевой информацией, содержание которой выходит за пределы программ, по которым ведется обмен телекодовой информацией. Этому виду средств связи и посвящена настоящая книга.

---

[1]) В дальнейшем под термином «телефонная связь» будут пониматься переговоры, осуществляемые с помощью перечисленных переговорных устройств.

ГЛАВА ВТОРАЯ

Телефонная связь и ее взаимодействие с устройствами автоматизации управления

2.1. РОЛЬ ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ОПЕРАТОРОВ

Как известно, автоматизация системы вовсе не приводит к исключению человека из процесса управления. Наоборот, работа операторов становится значительно сложнее и ответственнее, так как неправильные действия оператора, оставаясь некоторое время скрытыми, могут проявиться тогда, когда принять какие-либо меры к исправлению ошибки будет уже невозможно. При высоком быстродействии автоматизированных устройств, когда быстротечность процесса управления сокращает до минимума интервал между выдачей команды управления и ее исполнением, у оператора, после выдачи команды управления, практически не остается времени на ее дополнительный анализ и корректировку.

Автоматизация процесса управления в основном сводится к тому, чтобы освободить оператора от «черновой», трудоемкой работы, всегда сопутствующей процессу управления. На различные автоматические устройства и вычислительные машины возлагается сбор информации о функционировании системы, обработка этой информации, включая особо трудоемкие математические расчеты, анализ результатов функционирования системы и составление прогнозов о требующемся изменении режима и программы работы автоматических устройств. Окончательные решения и принятие мер к их реализации возлагаются на операторов, руководящих работой системы.

Любое отклонение в процессе функционирования элементов системы, зафиксированное устройствами отображения или установленное путем телефонных переговоров операторов, требует немедленного вмешательства.

Таким образом, деятельность оператора состоит из следующих основных этапов (рис. 2.1):

— восприятия информации об отклонении регулируемого параметра элементов от оптимальной величины;

— получения дополнительной информации о состоянии управляемого объекта;

— анализа создавшейся ситуации на основе сопоставления полученных данных и обработки всей полученной информации;

— принятия решения по выбору способа управляющих действий;

— реализации принятого решения;

Технологическая библиотека Казанского национального исследовательского технического университета

— контроля за результатами изменения процесса функционирования системы под влиянием введенного воздействия;

— анализа полученных результатов и сопоставления их с ожидаемым эффектом.

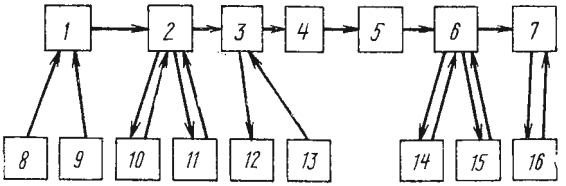


Рис. 2.1. Функциональная схема деятельности оператора системы управления

1 — восприятие информации; *2* — получение дополнительной информации; *3* — анализ полученной информации; *4* — принятие решения; *5* — выдача команд; *6* — контроль исполнения; *7* — анализ полученных результатов; *8; 13; 14* — устройства отображения; *9; 11; 15* — речевая информация; *10* — устройства отображения; *12; 16* — ЭВМ.

На центральном пункте управления системой (ЦПУ) оборудуется оперативный зал, в котором устанавливаются пульты управления или, как их иначе называют, рабочие места операторов, оснащенные различной аппаратурой отображения, устройствами ввода команд управления, органами управления, средствами телефонной связи и некоторым другим оборудованием. Работа операторов ЦПУ строится по-разному, в зависимости от структуры построения системы, количества управляемых объектов, оснащенности системы средствами связи и степени автоматизации отдельных элементов системы.

Наиболее характерными являются следующие варианты организации работы операторов (рис. 2.2):

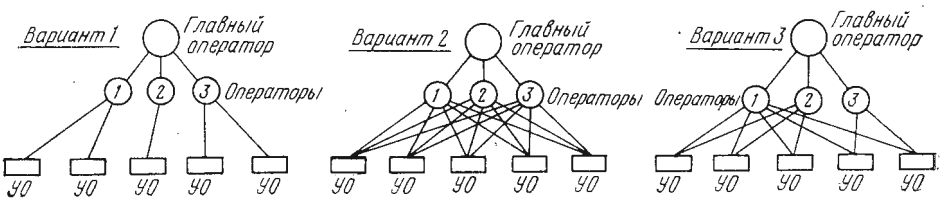


Рис. 2.2. Варианты организации работы операторов системы управления

1. Распределение операторов по объектам. При такой организации работы все управляемые объекты разбиваются на группы, в которые входит несколько управляемых объектов и закрепляются за каждым оператором. При этом каждый оператор занимается всеми вопросами, связанными с управлением работой закрепленных объектов. Каждая группа управляемых объектов как бы превращается в самостоятельную подсистему, связанную с другими такими же подсистемами общими задачами функционирования всей системы в целом.

2. Распределение операторов по характеру работ. При такой организации работы каждый оператор ЦПУ занимается определен-

ным кругом вопросов, относящихся ко всем управляемым объектам. Так, например, один оператор занимается вопросами общего функционирования управляемых объектов, другой — вопросами материально-технического и энергетического обеспечения, третий — вопросами обеспечения транспортом и т. д.

3. Комбинированное распределение работы операторов. При такой организации работы операторы распределяются по управляемым объектам; при этом часть операторов, за которыми закреплены группы управляемых объектов, занимается всеми вопросами общего функционирования закрепленных объектов. Другая часть операторов занимается общими для всех объектов вопросами (кроме вопросов общего функционирования): например, материально-техническим и энергетическим снабжением, обеспечением транспортом, аварийными работами и т. д. В очень больших системах управление каждой группой управляемых объектов может осуществляться несколькими операторами, каждый из которых занимается только вполне определенным кругом вопросов, относящихся к функционированию только закрепленной за ним группой объектов. При наличии в системе особо важных и крупных объектов для управления их работой могут быть выделены отдельные операторы.

Из сказанного ясно, что для управления современной сложной системой необходимо гармоническое взаимодействие между операторами и автоматическими устройствами при помощи электронно-вычислительной техники и всестороннего отображения процессов управления. Для этого необходимо осуществлять широкий обмен информацией между ЦПУ и управляемыми объектами. Этот обмен должен вестись в такой форме, чтобы, с одной стороны, были обеспечены работа всех автоматических устройств системы и возможно более полное отображение процессов функционирования системы без лишних потерь времени на расшифровку, обработку и последующее кодирование полученной информации для ввода ее в автоматические устройства и, с другой стороны, была бы обеспечена возможность речевого обмена информацией путем личного контакта между операторами центрального пункта управления и управляемых объектов.

Обмен информацией, необходимой для работы автоматических устройств, осуществляется средствами передачи данных. При этом обеспечивается передача значительного объема информации с большой скоростью и высокой достоверностью, т. е. с такими качествами, которые не могут быть обеспечены при обмене информацией путем телефонного переговора. Непосредственный контакт и обмен речевой информацией между операторами осуществляется путем телефонных переговоров, для чего используются различные переговорные устройства, перечисленные в § 1.6. Как для передачи данных, так и для телефонных переговоров требуются каналы связи. Качество функционирования каналов связи и оснащенность ими системы являются одним из важнейших факторов, определяющих эффективность функционирования всей системы в целом.

2.2. ТЕЛЕФОННАЯ СВЯЗЬ КАК СРЕДСТВО УПРАВЛЕНИЯ

Телефонная связь является одним из важнейших элементов любой сложной системы.

В неавтоматизированных системах управления телефонная связь является почти единственным оперативным средством, с помощью которого может осуществляться обмен информацией между ЦПУ и управляемыми объектами. Посредством телефонных переговоров оператор ЦПУ собирает необходимые ему сведения о работе управляемых объектов, отдает соответствующие команды управления, контролирует и координирует работу элементов системы. Поэтому телефонная связь в неавтоматизированной системе, по существу, определяет эффективность функционирования всей системы в целом.

В автоматизированных системах управления телефонная связь занимает несколько иное место. Объем информации, в которой нуждаются операторы, весьма обширен, а возможности аппаратуры передачи данных в известной мере ограничены из-за следующих причин. Объем информации, которая может быть передана аппаратурой передачи данных, определяется заранее составленными программами, в соответствии с которыми передаваемая информация приводится к виду, пригодному для передачи по каналам связи (например, двоичным кодом). Однако объем запрограммированных сообщений не может беспредельно увеличиваться, так как это влечет за собой значительное усложнение аппаратуры. Информация, выходящая за рамки, предусмотренные программой, не может быть автоматически закодирована для передачи по каналам связи.

Большой объем информации, которую необходимо передать, требует высокого быстродействия аппаратуры передачи данных, что также имеет свои пределы.

При проектировании системы информационного обеспечения и передачи данных, как правило, создается такое разумное количество рабочих программ, которое закладывается в систему и, с одной стороны, полностью обеспечивает такой объем информации, обмен которой необходим и достаточен для нормального функционирования системы, а с другой стороны, не требует нерационально большого усложнения аппаратуры.

Другой важной причиной, требующей наличия возможности вести телефонные переговоры, является необходимость обмена дополнительной информацией в аварийных ситуациях. Запрограммировать информацию для всех случаев аварийных ситуаций практически невозможно, а система во всех случаях должна сохранить возможность управления.

И, наконец, еще одно немаловажное значение имеет телефонная связь для автоматизированных систем управления. При выходе из строя системы передачи данных весь обмен информацией осу-

ществляется только посредством телефонных переговоров и автоматизированная система управления, по существу, превращается в неавтоматизированную, продолжая функционировать со всеми особенностями, характерными для неавтоматизированных систем. При этом резко сокращается информационное обеспечение системы, так как телефонные переговоры могут только частично восполнить потерю информации, произошедшую в результате выхода из строя системы передачи данных. Сокращение объема информационного обеспечения затрудняет работу операторов и вызывает необходимость получения дополнительной информации, а сократившаяся возможность обмена информацией значительно уменьшает быстродействие системы. Таким образом, выход из строя системы передачи данных приводит к тому, что создается аварийная ситуация, в результате чего уменьшается возможность нормального функционирования системы в целом и она фактически превращается в систему автономно действующих объектов, связанных общей сетью телефонной связи.

Из сказанного следует, что телефонная связь предназначена для обеспечения речевого обмена информацией, не предусмотренной рабочими программами системы, и является дополнительным средством управления и частичным резервом системы передачи данных. Однако необходимо ясно представлять, говоря о телефонной связи как о некотором резерве системы передачи данных, что она ни в какой мере не может полностью заменить систему передачи данных и обеспечить тот же объем обмена информацией, ту же скорость и достоверность.

В процессе функционирования сложной системы, как и в любой другой системе, возникает потребность в телефонных переговорах не только в оперативных целях, но и по обычным служебным вопросам, связанным с обеспечением деятельности и живучести системы. Телефонная связь должна обеспечивать высокое качество переговоров между операторами и высокую достоверность передаваемой информации.

Одним из основных требований, предъявляемых к средствам речевого обмена систем управления, является оперативность пользования ими. Средства речевого обмена информацией должны обеспечить быстрое и безотказное вхождение в связь. С этой целью оконечные устройства оперативной телефонной связи должны быть так оборудованы и автоматизированы, чтобы для вхождения в связь оператору не требовалось осуществлять сложных манипуляций, например набора многозначного номера, а достаточно было нажать одну кнопку или клавишу.

В некоторых системах не менее важным является требование высокой надежности и живучести средств речевого обмена. Это требование удовлетворяется путем обеспечения надежного резервирования средств речевого обмена. Резервируются как отдельные устройства, так и полностью каналы связи в целом, и переход на резерв осуществляется автоматически или вручную. Автоматический переход на резервные устройства или резервные каналы

связи в целом осуществляется соответствующими коммутирующими устройствами, срабатывающими по сигналу, поступающему от устройств, контролирующих исправность функционирования аппаратуры речевого обмена. Для ручного перехода на резерв требуются соответствующие действия оператора или технического персонала, обслуживающего оперативную телефонную связь системы.

2.3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ С УСТРОЙСТВАМИ АВТОМАТИЗАЦИИ

Все элементы, входящие в состав любой сложной системы, в процессе ее функционирования находятся в непрерывном взаимодействии, и чем это взаимодействие согласованнее, тем функционирование системы эффективнее. Это справедливо для всех элементов системы, в том числе и для телефонной связи, которая является одним из средств информационного обеспечения системы.

Взаимодействие средств телефонной связи с устройствами автоматизации заключается в том, что средства телефонной связи обеспечивают оператору возможность получения дополнительной информации, не предусмотренной программой обмена данными. Эта информация восполняет недостающие данные, полученные с помощью аппаратуры передачи данных, и позволяет оператору принимать наиболее оптимальные решения по управлению системой. Кроме того, телефонная связь является тем звеном, посредством которого завершается цикл управления.

Характер этого взаимодействия определяется тем, насколько рационально решена задача распределения функций между человеком (оператором) и устройствами автоматики и вычислительной техники, т. е. задача о целесообразной степени автоматизации процессов управления и обработки информации, с одной стороны, и объемом задач по управлению системой, которые оставлены на долю человека, с другой.

Как было указано в современных автоматизированных системах пока еще сохраняется участие оператора в процессе функционирования системы. На оператора возлагается решение многих вопросов, которые должны быть решены достаточно быстро и по возможности оптимально. Оптимальность решений, принятых оператором, в большой степени зависит от качества и объема информации, которой он располагает, анализируя создавшуюся ситуацию.

В процессе функционирования системы исполнительные устройства непрерывно отрабатывают команды, выдаваемые устройствами выдачи команд на основе решений, вырабатываемых ЭВМ, которые непрерывно обрабатывают и анализируют информацию, поступающую от аппаратуры передачи данных. Обработка команд автоматизированными устройствами непрерывно отображается устройствами отображения, что дает возможность оператору постоянно быть в курсе создавшейся ситуации.

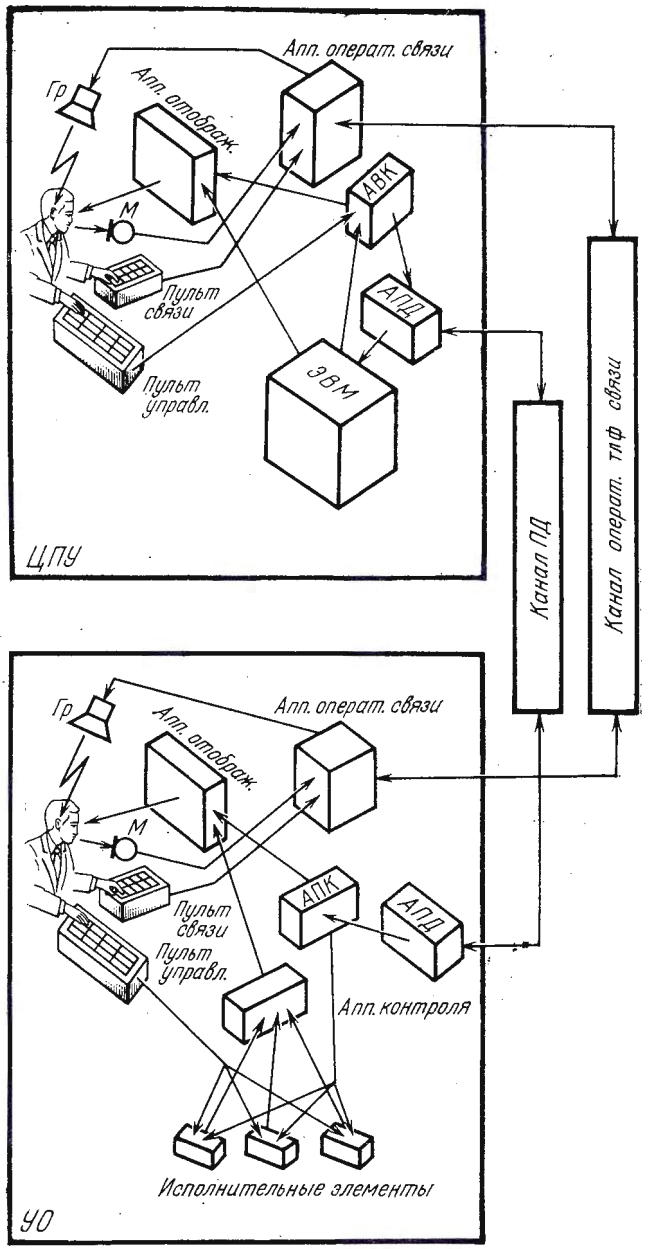


Рис. 2.3. Функциональная схема взаимодействия телефонной связи и устройств автоматизации системы управления

Если отображенная ситуация почему-либо неясна и правильность выданных команд вызывает сомнение, оператор уточняет ситуацию путем телефонных переговоров с оператором управляемого объекта и, если этого требует создавшееся положение, корректирует команды путем ввода дополнительных данных, а в некоторых случаях путем полной или частичной отмены выданных ранее команд и замены их новыми.

Таким образом, взаимодействие телефонной связи с устройствами автоматизации проявляется в процессе работы оператора, который совмещает информацию, полученную от аппаратуры автоматизации, с информацией, полученной в результате телефонных переговоров.

На рис. 2.3 приведена функциональная схема взаимодействия телефонной связи с устройствами автоматизации. С управляемого объекта по каналу связи непрерывно поступает информация в аппаратуру передачи данных АПД и далее в ЭВМ. В результате обработки и анализа информации в ЭВМ выдаются данные для отображения ситуации, а также вырабатываются команды, которые выдаются в АПД и далее по каналу связи на управляемый объект. Информация, полученная с помощью аппаратуры отображения, воспринимается оператором, который при необходимости, пользуясь переговорным устройством и пультом связи, ведет телефонный переговор с оператором УО по каналу связи. Получив по телефону дополнительную информацию, оператор выдает (в случае необходимости) дополнительные команды управления и при посредстве аппаратуры ручного ввода команд вводит их в аппаратуру АПД. На управляемом объекте полученные команды отрабатываются, а на ЦПУ передается информация о результатах отработки команд. Этим завершается цикл взаимодействия телефонной связи с устройствами автоматизации.

2.4. ВИДЫ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ

В системах оперативного управления встречаются следующие основные разновидности телефонной связи: оперативная, служебная и общая. Каждый из этих видов связи имеет свою специфику и свою область применения.

Оперативная телефонная связь представляет собою комплекс технических средств, обеспечивающих оперативную коммутацию каналов связи и соединение каналов с переговорными устройствами операторов ЦПУ, управляющих или взаимодействующих объектов для получения дополнительной речевой информации путем непосредственных переговоров. Коммутация каналов связи при этом может быть кратковременной, на время одного переговора, или же длительной, на определенный период времени, в течение которого может произойти несколько оперативных переговоров между операторами.

Каналами оперативной связи могут пользоваться только операторы со своих рабочих мест. В некоторых случаях организация

связи выполняется так, что при отсутствии оперативной работы каналы связи отключаются от рабочих мест операторов и в целях исключения простоя оборудования передаются для общего пользования на коммутатор.

Служебная телефонная связь — это такой вид связи, которым пользуются все лица, занятые техническим и организационным обеспечением оперативной работы системы. Обычно каналы служебной связи заканчиваются на коммутаторах (или АТС) объектов системы, и процесс соединения осуществляется автоматически или вручную (в зависимости от принятой системы), как при обычных междугородных переговорах. Часто в сложных системах имеется несколько обособленных сетей служебной связи. Так, например, как правило, начальник связи системы имеет свою, обособленную сеть прямой служебной связи со всеми пунктами, где находится технический персонал, обслуживающий средства связи системы.

Для всех прочих переговоров организуется сеть общей телефонной связи системы, для чего оборудуются АТС или ручные телефонные станции.

Построение сети телефонной связи систем оперативного управления, принципы использования ее каналов и варианты организации различных видов телефонной связи могут быть различными и зависят от общих принципов построения системы. Встречаются следующие наиболее характерные варианты построения и использования сети телефонной связи (рис. 2.4).

Вариант 1. Телефонная связь через коммутатор. На центральном пункте управления устанавливается телефонный коммутатор ТК, который соединяется каналами связи с коммутаторами на управляемых объектах, образуя сеть внешней связи системы. Пульты связи ПС, установленные на рабочих местах операторов ЦПУ,

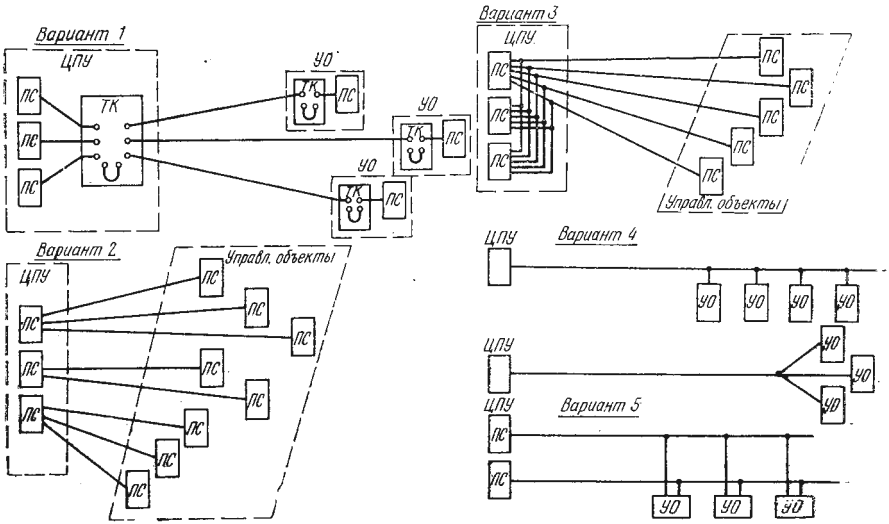


Рис. 2.4. Варианты построения сети телефонной связи системы управления

имеют соединительные линии с коммутатором ЦПУ. Точно так же пульт связи на рабочем месте оператора каждого управляемого объекта соединен со своим коммутатором.

Такой способ организации оперативной связи имеет весьма существенный недостаток: процесс организации оперативной связи для всех операторов занимает много времени и не соответствует требованиям быстродействия современной сложной системы. Недостаточная оперативность такого метода организации телефонной связи не позволяет рекомендовать его к применению в современных системах управления.

Вариант 2. Индивидуальная прямая телефонная связь каждого оператора ЦПУ с управляемыми объектами. При такой организации телефонной оперативной связи в пульт связи каждого рабочего места включены прямые каналы телефонной связи с управляемыми объектами.

Этот вариант отличается высокой оперативностью, так как каждый из операторов всегда имеет на своем пульте связи каналы со всех управляемых им объектов и в любой момент практически без затраты лишнего времени может войти в связь с оператором требуемого объекта. Однако с экономической точки зрения этот вариант является нерациональным, так как использование каналов связи сравнительно невелико, а количество же каналов связи требуется большое.

Вариант 3. Групповое использование каналов связи. При этом каждый канал связи заводится на пульты связи нескольких рабочих мест и, следовательно, доступ к управляемому объекту имеет группа операторов, используя для этого только один канал связи. При таком варианте использование каналов связи значительно возрастает, но появляется недостаток, заключающийся в том, что возможность вхождения в связь будет зависеть от того, свободен требуемый канал или занят другим оператором.

Вариант 4. Избирательная связь с управляемыми объектами. На рис. 2.4 показаны два варианта построения сети связи с избирательным вызовом, при которой все управляемые объекты включены в один общий канал связи через специальные комплекты избирательного вызова. Управляемые объекты могут быть распределены по всей протяженности канала связи или же сосредоточены около одного узлового пункта. Для вызова абонента с ЦПУ в канал посылается избирательный вызов в виде определенной кодовой комбинации, который фиксируется только одним приемным устройством, настроенным на этот код.

Такое построение связи весьма экономично, так как требуется всего один канал связи, но при необходимости включения его в пульты связи нескольких рабочих мест опять же возникает необходимость ожидания освобождения канала, что снижает оперативность системы.

Вариант 5. Многоканальные линии избирательной связи. На рис. 2.4 показан вариант организации связи с применением индивидуальных каналов избирательной связи для каждого рабочего

места, объединенных в общую систему. На ЦПУ на каждом рабочем месте имеется пульт связи, в который включен индивидуальный канал с избирательным вызовом. Доступ к этому каналу имеет только оператор данного рабочего места. Каждый такой канал заходит на все управляемые объекты, с которыми оператору данного рабочего места требуется иметь связь во время оперативной работы.

Перечисленные основные варианты построения сети связи могут применяться как для оперативной, так и для служебной связи. Сеть общей телефонной связи, как правило, строится по обычной радиальной системе через телефонную станцию ручного обслуживания или автоматическую.

2.5. КАНАЛЫ СВЯЗИ

Для передачи информации из одного пункта в другой, кроме оконечных устройств (передатчика и приемника информации), требуется наличие канала связи.

Каналом связи принято называть совокупность линейных и станционных устройств, обеспечивающих возможность обмена информацией между оконечными устройствами.

Границами канала связи обычно считают точки подключения оконечных устройств к низкочастотным входу и выходу каналообразующей аппаратуры или к выходу на физическую цепь, если каналообразующая аппаратура отсутствует.

Для передачи информации в одном направлении необходимо иметь один канал связи одностороннего действия (симплексный). Для двустороннего обмена информацией, например для организации телефонного разговора, необходимо иметь два симплексных канала, действующих во встречных направлениях, или один канал двустороннего действия (дуплексный),

Для организации оперативной телефонной связи используются любые каналы проводной и радиосвязи, отвечающие нормам МККТТ. В качестве каналов проводной связи используются физические цепи и каналы уплотнения стационарных кабельных и воздушных линий, а также временных кабельных и воздушных линий, организованных по полевым кабелям, оборудованным соответствующей усилительной аппаратурой или аппаратурой уплотнения. В качестве каналов радиосвязи используются, главным образом, каналы радиорелейных линий со стационарным оборудованием, а при необходимости организации связи с передвижными объектами — передвижные радиорелейные станции. При необходимости организация связи с подвижными объектами или с объектами, находящимися в условиях, исключающих возможность получения каналов проводной или радиорелейной связи, применяются стационарные (главным образом, на ЦПУ) и подвижные (на управляемых объектах) радиостанции.

При организации связи с управляемым объектом, который в процессе работы часто меняет свое местонахождение или в про-

цессе оперативной работы находится в непрерывном движении, используются подвижные радиостанции, передвигающиеся вместе с управляемым объектом.

Как уже говорилось в § 1.6, для образования каналов связи используется различная каналообразующая аппаратура. Подробного описания каналообразующей аппаратуры в данной книге не дается, так как по этому вопросу имеется достаточно обширная литература. В табл. 2.1 и 2.2 даны краткие справочные данные

Таблица 2.1

УСИЛИТЕЛИ ТОНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ

Тип усилителя	Назначение	Тип линий	Макс. усиление, дБ	Эфф. передаваемая полоса частот, Гц
ИТУМ-1	Промежуточный 4-проводный	Кабель с жилами диаметром 1,2 мм	24,3	300÷3400
ИТУМ-2	Промежуточный и оконечный 2-проводный	Медные и стальные цепи	13,9—17,4	300÷2400 300÷2000
ИТУМ-3	То же	Биметаллические провода, кабель ПРППЛ	17,4	300÷2400
ИТУМ-4	Оконечный 4-проводный	Непупинизированный кабель с жилами диаметром 1,2 мм	24,3	300÷3400
ИТУМ-5	Промежуточный	Кабель с жилами диаметром 0,9 мм	16,5	300÷2400
ИТУМ-6	Оконечный 2-проводный	Пупинизированный кабель с жилами диаметром 0,9 мм	20	300÷3400
ИТУМ-7	Промежуточный и оконечный 2-проводный	То же	16,5—20	300÷2400 300÷3400

о каналообразующей аппаратуре проводной связи, получившей наибольшее распространение.

Весьма важной для систем оперативного управления является проблема вторичного уплотнения телефонного канала, что позволяет в одном телефонном канале с эффективно передаваемой полосой от 300 до 3400 Гц получить несколько самостоятельных каналов вторичного уплотнения с возможностью использования их для различных видов обмена информацией. Существуют различные способы вторичного уплотнения. Например, путем деления широкополосного канала на узкие можно получить несколько каналов для обмена информацией способом тонального телеграфирования или получить канал передачи данных со скоростью 1200 бит/с и один-два канала синтетического телефонирования. Ниже дается краткое описание аппаратуры вторичного уплотнения телефонных каналов, обеспечивающих образование в одном стан-

Таблица 2.2

АППАРАТУРА УПЛОТНЕНИЯ

Характеристика	Тип аппаратуры				
	В-2-2	В-3-3с	БТО-3/4	В-12-3	КНК-6т
Количество каналов	2	3	3/4	12	6
Тип уплотняемой линии	Воздушные стальные цепи с проводами диаметром 3; 4; 5 мм и кабели ПРППМ		Воздушные линии (стальные или биметаллические)		Симметричные непупинизированные кабели
Система связи	Двухполосная электрически 4-проводная физически 2-проводная				Однокабельная 2-полосная
Линейный спектр, кГц	4,63÷25,7	6,3÷24,7	4÷31	36÷142	16÷120
Эффективно передаваемая полоса частот, Гц	300÷3400	300÷3400	300÷3400	300÷3400	300÷3400
Максимальная длина связи, км	87	150	1000	1000	80—110
Максимальное число переприемных участков	—	—	5	5	5—7 усил.

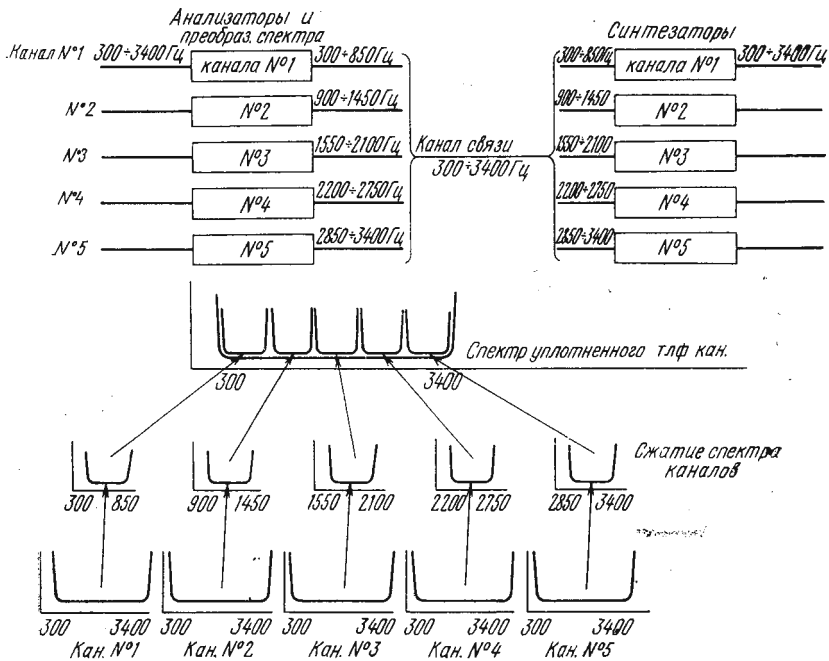


Рис. 2.5. Принцип синтетического телефонирования

дартном телефонном канале с эффективно передаваемым спектром частот от 300 до 3400 Гц одного канала передачи данных и двух каналов синтетического телефонирования или пяти каналов синтетического телефонирования.

Принцип синтетического телефонирования основан на сжатии речевого спектра с передающей стороны и искусственном (синтетическом) восстановлении его на приемной стороне. На рис. 2.5 приведена структурная схема аппаратуры синтетического телефонирования и графически показан процесс сжатия спектров и образование общего спектра, передаваемого по телефону каналу. Спектр первого канала 300÷3400 Гц, проходя через анализатор и преобразователь спектра канала № 1, сжимается и преобразуется в спектр от 300 до 800 Гц, второго канала — в спектр от 900 до 1450 Гц и т. д. Таким образом, полосы всех пяти сжатых каналов целиком укладываются в спектр нормального телефонного канала шириной от 300 до 3400 Гц. На приемной стороне широкий канал разделен на пять узких каналов, которые с помощью соответствующих устройств, называемых синтезаторами, преобразуются в нормальные телефонные каналы, каждый из которых имеет спектр от 300 до 3400 Гц.

Использование аппаратуры синтетического телефонирования позволяет значительно сократить потребность в каналах связи для обеспечения передачи данных и телефонных переговоров АСУ. Поэтому описанная аппаратура начинает завоевывать свое признание и находит все большее применение.

Существуют и более простые методы вторичного уплотнения телефонного канала, связанные, правда, с некоторым снижением качества телефонной передачи. На рис. 2.6 приведена схема уплот-

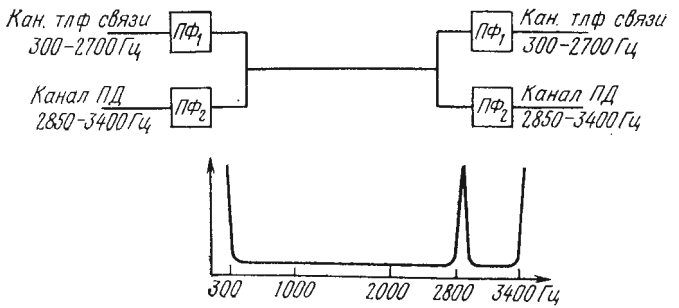


Рис. 2.6. Структурная схема вторичного уплотнения телефонного канала с применением полосовых фильтров

нения телефонного канала одним телеграфным и показаны частотные характеристики такого канала. Общий спектр телефонного канала с помощью полосовых фильтров $ПФ_1$ и $ПФ_2$ разделяется на две полосы: 300÷2700 и 2850÷3400 Гц. Нижняя полоса используется для телефонной связи, а верхняя — для канала тонального телеграфирования.

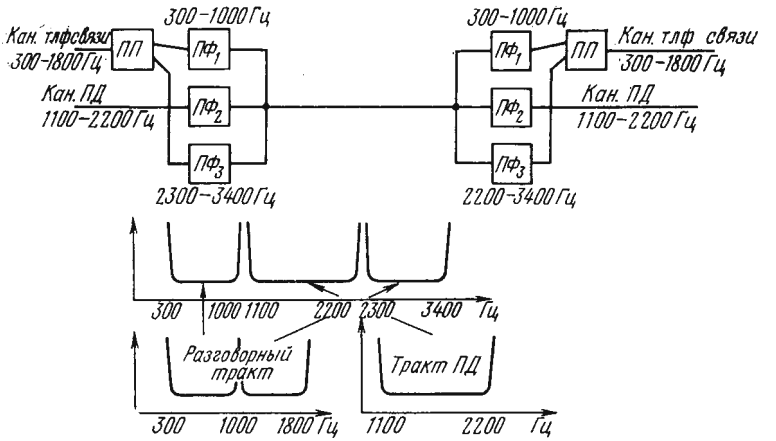


Рис. 2.7. Структурная схема чересполосного уплотнения телефонного канала

На рис. 2.7 приведена схема вторичного уплотнения телефонного канала методом так называемого чересполосного телефонирования и дана частотная характеристика. Этот метод заключается в том, что в телефонном канале шириной от 300 до 3400 Гц с помощью полосовых фильтров $ПФ_1$ вырезается полоса от 1100 до 2200 Гц, в которой осуществляется передача данных. Верхняя же и нижняя полосы спектра путем несложных промежуточных преобразований совмещаются в одну полосу шириной от 300 до 1800 Гц, которая и используется для телефонной передачи. За счет сужения полосы речевого спектра телефонная связь получается несколько пониженного качества, однако вполне удовлетворяет требованиям служебной связи. Аппаратура чересполосного телефонирования большого распространения не получила, но в тех случаях, когда можно мириться с несколько заниженным качеством канала, она может быть с успехом использована.

Как указывалось в § 1.6, в настоящее время ведутся работы по использованию для уплотнения каналами связи различных, не предназначенных для этого сооружений. Ниже дается краткое описание принципов уплотнения ЛЭП каналами вч связи [2]. ЛЭП обладает высокой надежностью в механическом и электрическом смысле. На ЛЭП применяются провода из меди и сталеалюминия большого сечения, что обеспечивает возможность уплотнения их каналами высокой частоты.

Для организации связи по ЛЭП применяются токи частотой от 30 до 700 кГц. Такие сравнительно высокие частоты позволяют легко осуществить подключение к ЛЭП аппаратуры уплотнения.

На рис. 2.8 показан принцип организации вч канала связи на ЛЭП. Подключение аппаратуры вч телефонирования осуществляется через фильтры, состоящие из конденсаторов и катушек индуктивности, и чаще всего осуществляется по несимметричной схеме «фаза—земля». Для подключения каналообразующей аппара-

туры к линии напряжением 750 кВ требуются конденсаторы емкостью порядка 3000 пФ и высокочастотные заградители индуктивностью порядка 0,25—1,2 мГ. Конденсаторы должны выдерживать напряжение 750 кВ, вследствие чего размеры их весьма внушительны (высота около 5,5 м и масса около 3,6 т).

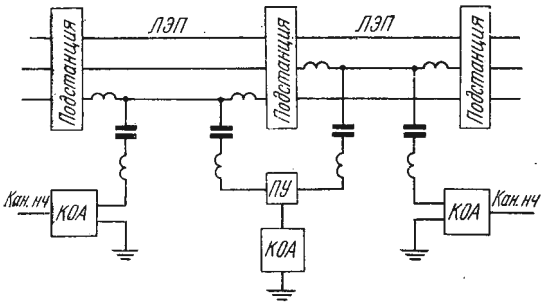


Рис. 2.8. Принцип уплотнения ЛЭП вч каналом связи

Высокочастотные заградители изолируют уплотняемый участок ЛЭП от подстанций, уменьшая утечку токов вч в сторону подстанции и влияние на канал связи различных изменений в коммутации ЛЭП. Заградители индуктивностью 0,25 мГ рассчитаны на ток 600 А, индуктивностью 0,6 мГ на ток 1000 А и индуктивностью в 1,2 мГ на ток 2000 А. Высокочастотные заградители также весьма громоздки, поскольку рассчитываются на рабочие токи ЛЭП, а также на токи при коротком замыкании.

ЛЭП обладают рядом специфических особенностей. Наличие высокого напряжения вызывает явление коронирования проводов, в результате чего в каналах связи появляются помехи, уровень которых доходит до 17,4—2 дБ и даже до —8,69—1 дБ вместо — —87÷—70 дБ на линиях связи. Таким образом, уровень помех становится соизмеримым с уровнем полезного сигнала, что приводит к необходимости значительно повышать уровень последнего. Для этой цели применяются передатчики, мощность которых в некоторых случаях достигает 100, 200 Вт (вместо долей ватта на линиях связи).

Километрическое затухание ЛЭП сравнительно мало, что позволяет организовывать каналы вч протяженностью в 300—500 км при затухании в 26,1—34,7 дБ.

Каналы связи, образованные на ЛЭП, используются для передачи данных и для оперативной и служебной телефонной связи.

В последнее время для уплотнения ЛЭП стала использоваться стандартная аппаратура вч телефонирования В-3-3, В-1-2 или В-12-3 с дополнительными устройствами, обеспечивающими перенос рабочих частот в нужную полосу спектра и повышение до необходимой величины уровня передачи с помощью мощных усилителей.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

Оперативная телефонная связь систем управления

3.1. ОСОБЕННОСТИ ОПЕРАТИВНОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ

Оперативная телефонная связь представляет собой автономную сеть телефонной связи, объединяющую в единое целое ЦПУ, все управляемые объекты и объекты взаимодействия.

Структура сети оперативной связи, ее построение, применяемое оборудование и характерные особенности эксплуатации весьма разнообразны и зависят от целого ряда причин, характерных для данной системы.

Любая сеть оперативной связи строится так, чтобы операторам ЦПУ была обеспечена безотказная возможность быстрого вхождения в связь с операторами управляемых и взаимодействующих объектов. В качестве переговорных устройств оперативной связи применяются различные громкоговорители с выносными микрофонами, громкоговорители с возможностью работы в микрофонном режиме, микротелефонные трубки, микротелефонные и ларингофонные гарнитуры, шлемофоны. Подключение переговорных приборов к каналам связи осуществляется специальными коммутирующими устройствами, которые управляются при помощи кнопочных или клавишных переключателей, установленных на пультах связи операторов. В качестве коммутирующих элементов используются электромагнитные реле, шаговые искатели, многократные координатные соединители. В последнее время все больше находят применение бесконтактные коммутирующие элементы и реле с герметизированными контактами (герконы). Для удобства пользования оперативной связью на рабочих местах операторов устанавливаются пульты связи, на которых располагаются все органы управления средствами оперативной связи.

Специфика требований, предъявляемых к оперативной связи, и, в первую очередь, организация циркулярной связи и громкоговорящего переговора накладывает отпечаток на технические решения при проектировании аппаратуры оперативной связи. Эти особенности рассматриваются подробно в § 3.7, здесь же рассмотрены варианты структурного построения оперативной связи.

Оперативная телефонная связь может быть организована по распорядительному или совещательному принципу. Распорядительный принцип характеризуется тем, что, когда говорит оператор ЦПУ, его слышат все подключенные управляемые объекты, когда же говорит оператор управляемого объекта, его слышит толь-

ко оператор ЦПУ. Следовательно, операторы управляемых объектов говорить между собой не могут. При совещательном принципе операторы всех подключенных пунктов слышат друг друга и могут вести между собой разговор (совещание).

3.2. ОПЕРАТИВНАЯ СВЯЗЬ С ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ПОДКЛЮЧЕНИЕМ УПРАВЛЯЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

При этом варианте каналы связи от управляемых объектов, приходящие в ЦПУ, распределяются по пультам связи операторов ЦПУ. Каждый оператор имеет возможность соединиться с любым управляемым объектом, подключенным к его пульту связи. Осуществляется это нажатием на соответствующую кнопку или клавишу. Для циркулярного переговора необходимо нажать все кнопки на пульте связи или же одну специальную кнопку циркулярного включения. В результате этих манипуляций переговорные приборы данного рабочего места подключаются к каналам связи, кнопки которых нажаты, и оператор получает возможность переговора.

На рис. 3.1*а* показаны пульты связи двух рабочих мест. Пульт $ПС_1$ имеет прямую оперативную связь с управляемыми объектами

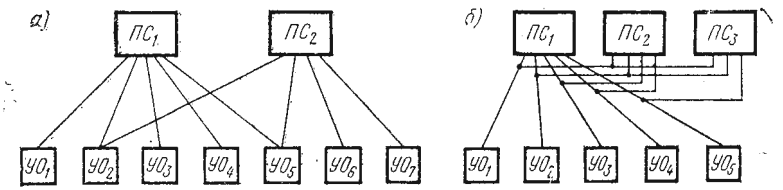


Рис. 3.1. Построение сети оперативной связи с подключением управляемых объектов (каналов) к пультам операторов:
а — индивидуальным; *б* — групповым

$УО_1$—$УО_5$, а пульт $ПС_2$ — с объектами $УО_2$, $УО_5$—$УО_7$. Сеть каналов связи для такого построения оперативной связи строится по радиальному принципу.

На рис. 3.1*б* приведена схема группового подключения операторов к индивидуальным каналам, идущим к управляемым объектам. При такой организации оперативной связи к каждому каналу можно подключиться с нескольких пультов связи. Следовательно, один и тот же канал может быть использован несколькими операторами ЦПУ. Однако возможность вхождения в связь будет зависеть от того, свободен требуемый канал связи или же он занят другим оператором.

3.3. ОПЕРАТИВНАЯ СВЯЗЬ С ЦИРКУЛЯРНЫМ И ГРУППОВЫМ ПОДКЛЮЧЕНИЕМ УПРАВЛЯЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

Возможны два варианта построения сети оперативной связи с циркулярным подключением объектов: а) с индивидуальными каналами связи и б) с одним общим каналом связи. На рис. 3.2

показаны оба эти варианта. В пульты связи рабочих мест PM_1 и PM_3 управляемые объекты включены по первому способу, в пульт связи рабочего места PM_2 — по второму. При такой организации оперативной связи все переговорные приборы должны быть все время подключены к каналам связи. Так как вызов в данном ва-

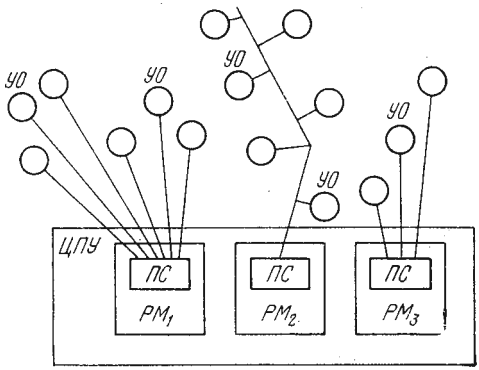


Рис. 3.2. Построение сети оперативной связи с индивидуальными и циркулярными каналами

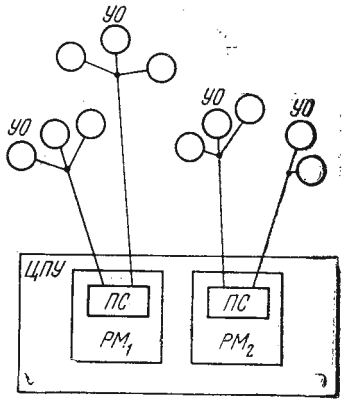


Рис. 3.3. Построение сети оперативной связи с групповыми каналами

рианте осуществляется голосом, то переговорные приборы должны обеспечивать громкоговорящий прием.

Операторы всех управляемых объектов одновременно слышат команды оператора ЦПУ, и если сеть связи двухпроводная, то слышат и друг друга. Если же сеть связи построена по четырехпроводному принципу, то операторы управляемых объектов слышат только оператора ЦПУ, а друг друга не слышат. Вызов в обе стороны осуществляется голосом, что дает возможность значительно упростить пульт связи оператора ЦПУ, так как отпадает необходимость в вызывных устройствах и кнопках.

На рис. 3.3 приведена схема организации оперативной связи с групповым подключением управляемых объектов. Этот вариант оперативной связи характерен тем, что управляемые объекты разбиваются на группы и в каждой группе организуется циркулярная оперативная связь. От каждой группы управляемых объектов на пульт оператора ЦПУ идет отдельный групповой канал оперативной связи. На пульте связи оператора имеется столько кнопок, подключающих каналы связи к пульту, сколько групповых каналов заводится на данный пульт.

Для вхождения в связь с оператором требуемого пункта оператор ЦПУ должен нажать кнопку на пульте связи и голосом вызвать требуемого оператора. Вызов оператора ЦПУ со стороны управляемого объекта также осуществляется голосом, причем предварительно оператор управляемого объекта должен нажать специальную кнопку, в результате чего данная групповая линия

подключается к громкоговорителю оператора ЦПУ. Возможен и такой вариант, когда каналы групповой связи подключаются к переговорным устройствам ЦПУ циркулярно через групповой усилитель. Тогда вызов в обе стороны осуществляется голосом без каких-либо дополнительных манипуляций по выбору группового канала.

3.4. ОПЕРАТИВНАЯ СВЯЗЬ С ИЗБИРАТЕЛЬНЫМ ВЫЗОВОМ

Особенностью этого варианта оперативной связи является то, что все управляемые объекты, как и при циркулярном подключении, включаются в один общий для всех управляемых объектов канал связи, но с той лишь разницей, что на ЦПУ устанавливает-

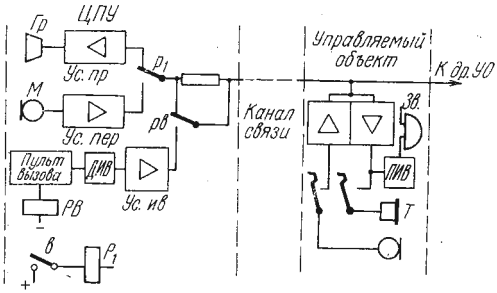


Рис. 3.4. Построение сети оперативной связи с избирательным вызовом

ся специальное вызывное устройство — датчик избирательного вызова ДИВ, при посредстве которого можно посылать в канал вызов в виде кода, сформированного определенным образом (например, комбинации из нескольких импульсов токов различной частоты), а на УО устанавливается приемное устройство — приемник избирательного вызова ПИВ, настроенное на определенную комбинацию вызываемого кода.

На рис. 3.4 приведена схема организации оперативной связи с избирательным вызовом. Процесс вхождения в связь протекает следующим образом. Оператор ЦПУ посылает в канал избирательный вызов путем нажатия на пульте вызова той кнопки, которая предназначена для вызова требуемого пункта. При этом срабатывает датчик избирательного вызова ДИВ, в результате чего канал связи контактами реле РВ подключается к датчику и в канал связи посылается вызывная кодовая комбинация, которая будет принята всеми приемными устройствами, подключенными к данному каналу связи. На том управляемом объекте, на котором приемное устройство ПИВ настроено на кодовую комбинацию посланного вызова, вызов будет зафиксирован, в результате чего зазвонит звонок Зв. На остальных пунктах, настроенных на другие

комбинации, принятый вызов не зафиксируется и вызывного сигнала не будет. Приемные устройства избирательной оперативной связи могут настраиваться на несколько вызывных комбинаций. Это позволяет осуществлять не только индивидуальный вызов, прием которого фиксирует только одно приемное устройство нескольких управляемых объектов.

При поступлении в канал связи группового вызова он будет зафиксирован на всех управляемых объектах, приемные устройства которых, кроме настройки на индивидуальные вызывные комбинации, имеют настройку и на групповую вызывную комбинацию. Наконец, может быть выделена одна кодовая комбинация, на которую настроены приемные устройства всех управляемых объектов. При посылке такого вызывного кода все управляемые объекты подключаются к каналу связи, и оператор ЦПУ получает возможность вести циркулярный разговор.

Оперативная связь с избирательным вызовом получила широкое распространение на железнодорожном транспорте, где этим видом связи охвачена вся сеть железных дорог страны.

Описанные варианты оперативной связи с избирательным вызовом характеризуются наличием всего одного канала связи.

При большой интенсивности переговоров может быть организована многоканальная избирательная связь (рис. 3.5). На ЦПУ в

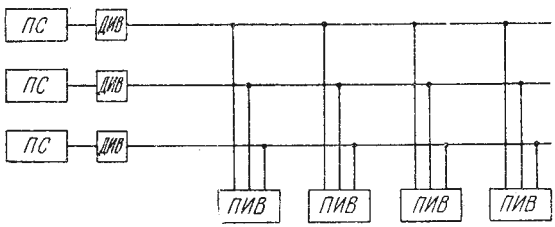


Рис. 3.5. Многоканальная избирательная связь

распоряжении каждого оператора имеется свой канал избирательной оперативной связи. На каждом управляемом пункте в каждый канал избирательной связи включается приемник избирательного вызова, что позволяет вызвать этот управляемый объект по любому каналу связи. Когда по какому-либо каналу придет избирательный вызов, на кодовую комбинацию которого настроено приемное устройство, последнее срабатывает и подключает переговорное устройство к тому каналу, по которому поступил вызов. Если при вызове управляемого объекта по одному каналу окажется, что оператор занят разговором по другому каналу, то на его пульте связи появится второй сигнал вызова, на который он сможет ответить, прервав разговор по первому каналу или подключив оба канала одновременно.

Ниже дается краткое описание принципа работы аппаратуры избирательной связи с тональным вызовом. Действие этой аппаратуры основано на использовании для избирательного вызова импульсно-частотного кода, в котором используются токи семи ча-

стот тонального спектра: вызывная частота № 1—316 Гц, № 2 — 430 Гц, № 3 — 585 Гц, № 4 — 795 Гц, № 5 — 1080 Гц, № 6 — 1470 Гц, № 7 — 2000 Гц. Как видно, все эти частоты полностью вписываются в стандартный спектр телефонного канала 300÷÷3400 Гц и поэтому могут передаваться по любому стандартному каналу связи.

Каждому управляемому объекту присваивается определенный код, состоящий из двух импульсов токов различных вызывных частот, посылаемых в канал один за другим без интервала между импульсами. Семь вызывных частот позволяют составить 42 комбинации для вызывных кодов.

Групповой вызов фиксируется приемниками, у которых совпадает настройка на частоту второго импульса. Так, например, при посылке группового вызова кодовой комбинации 2—1 вызов примут приемные устройства, настроенные на комбинации 2—1, 3—1, 4—1, 5—1, 6—1. Для циркулярного вызова всех абонентов, включенных в данный канал, применяется кодовая комбинация 2—1—2—3—4—5—6—4.

Посылка вызывных кодовых комбинаций осуществляется при помощи специального датчика, упрощенная схема которого приведена на рис. 3.6. Датчик состоит из генератора, собранного на

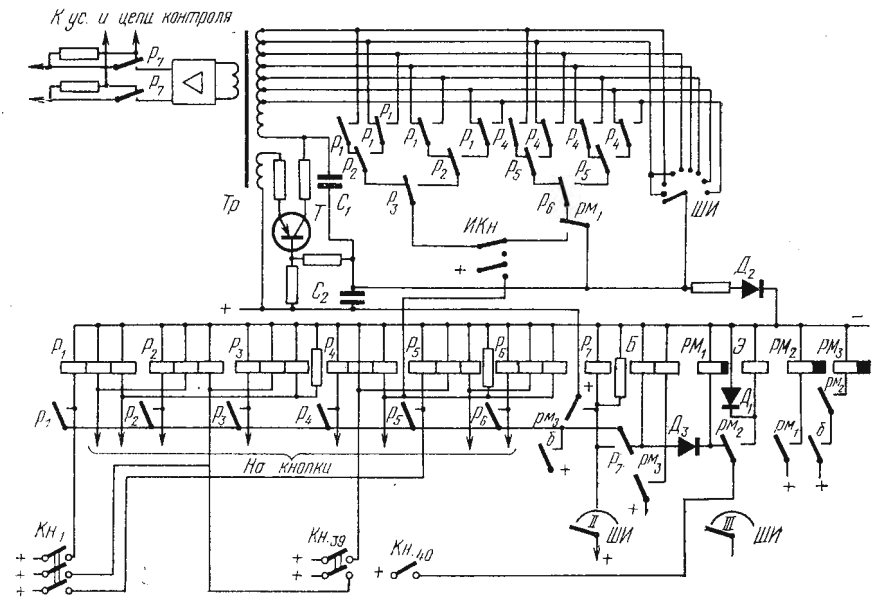


Рис. 3.6. Схема датчика избирательного вызова

транзисторе; комплекта реле, обеспечивающих перестройку частоты генератора путем изменения количества секций трансформатора, участвующих в работе; усилителя, обеспечивающего выдачу в канал связи сигнала избирательного вызова с требуемым уров-

нем, и кнопочника, установленного на пульте для посылки в канал требуемой кодовой комбинации.

После срабатывания реле, формирующих кодовую комбинацию, срабатывают реле: подключающие канал связи к выходному усилителю датчика, включающее генератор в работу и выдерживающее длительность первого импульса. Когда через 0,8 с первый импульс закончится, происходит перестройка генератора на частоту второго импульса, который поступает в канал в течение 1,6 с.

Параллельно к выходу усилителя датчика через сопротивления подключается переговорное устройство оператора, что позволяет слышать посылки кодовой комбинации избирательного вызова и тем контролировать исправность датчика.

Прием тонального избирательного вызова осуществляется приемным устройством (рис. 3.7), установленным у каждого абонен-

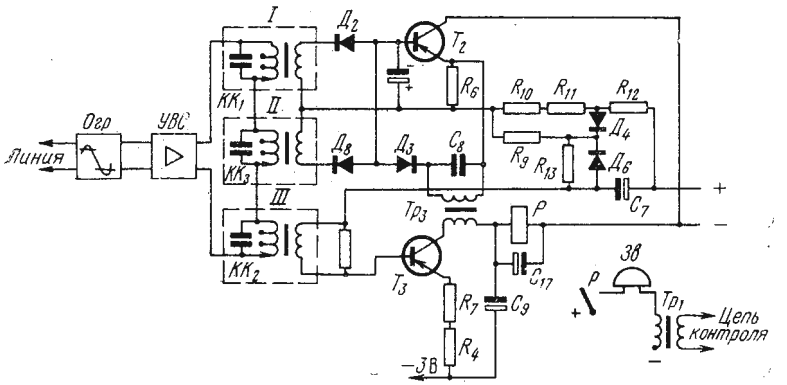


Рис. 3.7. Схема приемника избирательного вызова

та. Приемное устройство состоит из усилителя вызывного сигнала *УВС*, на входе которого установлен амплитудный ограничитель *Огр*, обеспечивающий стабильную работу усилителя при значительных колебаниях уровня приходящего сигнала.

На выходе усилителя включены три резонансных колебательных контура — *I*, *II* и *III*. Каждый контур настроен на определенную частоту в соответствии с кодовой комбинацией вызывного сигнала, присвоенной данному пункту. Колебательные контуры *I* и *II* настроены соответственно на частоты первого и второго импульсов кодовой комбинации индивидуального вызова. Колебательный контур *III* настроен на частоту первого импульса кодовой комбинации группового вызова и совместно с контуром *II* обеспечивает прием кодовой комбинации группового вызова.

На рис. 3.8 приведена схема организации оперативной связи по каналу с избирательным вызовом. На ЦПУ установлены переговорные устройства оператора (громкоговоритель *Гр* с приемным усилителем *Ус. пр*, микрофон *М* с усилителем передачи *Ус. пер*). Микрофон и громкоговоритель могут поочередно подключаться к каналу связи контактами реле, которое срабатывает при нажатии

тангенты микрофона. Для посылки избирательного вызова установлен датчик *Д* и кнопочное устройство *КП*, посредством которого осуществляется выбор требуемой кодовой комбинации. В момент посылки вызова датчик подключается к каналу, а громкоговоритель с целью контроля остается подключенным к каналу че-

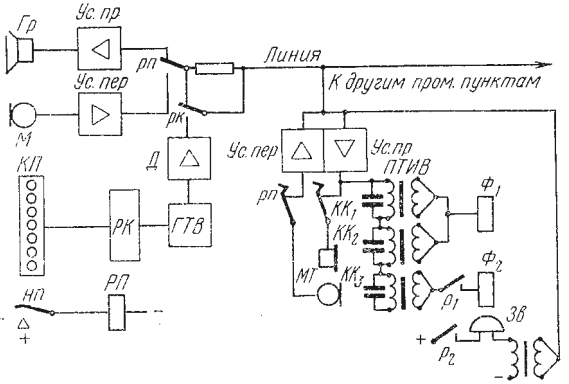


Рис. 3.8. Принцип организации оперативной связи по каналу с избирательным вызовом

рез большое сопротивление. На каждом управляемом объекте к каналу подключен приемник тонального избирательного вызова *ПТИВ*, который срабатывает в том случае, если настройка резонансных контуров соответствует посылаемой кодовой комбинации. При ответе на поступивший вызов при снятии микротелефонной трубки с рычажного переключателя контакты последнего подключают к каналу телефон и микрофон.

3.5. ГРУППОВОЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАТОРОВ К КАНАЛАМ ОПЕРАТИВНОЙ СВЯЗИ

При организации оперативно-командной связи иногда возникает необходимость обеспечить возможность подключения к одному каналу различных операторов ЦПУ. При таком включении каналов оперативной связи необходимо соблюдать некоторые особые требования.

Схема включения должна быть такой, чтобы к одному каналу связи мог подключаться только один оператор, так как одновременное подключение нескольких операторов может привести к недоразумениям и путанице в командах управления.

На пультах связи имеются лампочки занятости, которые загораются при подключении одного из операторов к каналу и сигнализируют остальным операторам, что данный канал занят.

Схема включения канала должна обеспечивать приоритет старшему оператору в праве подключения к каналу. Принцип группового подключения операторов к каналу оперативной связи приведен на рис. 3.9.

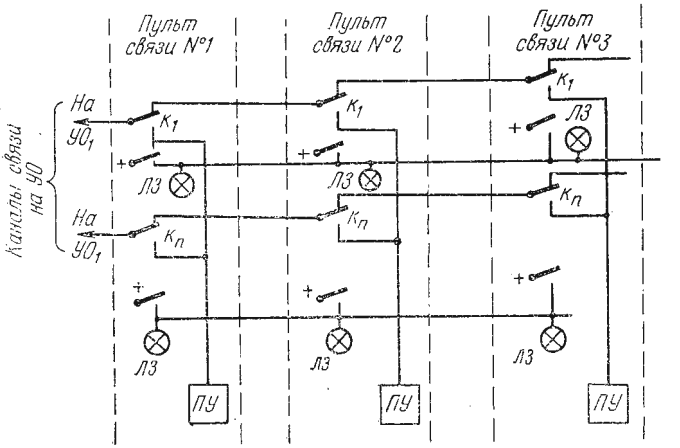


Рис. 3.9. Принцип группового подключения операторов к каналу оперативной связи

3.6. ОСОБЕННОСТИ ГРОМКОГОВОРЯЩЕЙ СВЯЗИ И ЦИРКУЛЯРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

ОСОБЕННОСТИ ГРОМКОГОВОРЯЩЕЙ СВЯЗИ

Громкоговорящая связь по сравнению с обычной телефонной связью обладает рядом особенностей, которые наиболее существенно сказываются при циркулярном соединении каналов связи, что имеет особо важное значение для организации оперативной связи.

Рассмотрим эти особенности несколько подробнее. Переговорным устройством обычного телефонного аппарата является микротелефонная трубка, преобразующая с помощью микрофона акустические сигналы в электрические при передаче и при помощи телефона электрические сигналы в акустические — при приеме.

При разговоре телефон микротелефонной трубки плотно прижимается к уху и тем изолируется от внешних акустических воздействий окружающей среды. Микрофон находится в непосредственной близости ото рта говорящего, чем обеспечивается устойчивое воздействие голоса говорящего на микрофон, значительно превышающее по своей величине воздействие на микрофон окружающего шума.

Стремление освободить руки оператора от необходимости держать микротелефонную трубку и желание не обременять оператора микротелефонной гарнитурой привело к применению громкоговорящей связи. Однако простая замена микротелефонной трубки громкоговорителем и отдельным микрофоном, установленными на некотором расстоянии от оператора, потребовала значительного увеличения мощности при приеме, чтобы обеспечить достаточно громкую и разборчивую работу громкоговорителя и

значительное повышение чувствительности микрофона. Первое обстоятельство вызывает необходимость иметь в тракте приема достаточно мощные усилители, а второе приводит к тому, что влияние на микрофон окружающего шума становится весьма ощутимым, в связи с чем требуется принятие специальных мер, ограждающих тракт передачи от попадания в него окружающего микрофон шума и посторонних разговоров.

Появляется и еще одно немаловажное обстоятельство, чрезвычайно осложняющее организацию громкоговорящей связи. Громкоговоритель и микрофон, находясь на сравнительно небольшом расстоянии один от другого, оказываются охваченными акустической связью, в результате чего на микрофон начинает оказывать воздействие работа своего громкоговорителя. Если на противоположной стороне канала также будут установлены громкоговоритель с микрофоном, то благодаря акустической связи между громкоговорителем и микрофоном возникает положительная обратная связь, система в целом возбуждается, появляется свист и система становится неработоспособной.

Из приведенной на рис. 3.10 схемы громкоговорящей связи ясно, что эта система не будет самовозбуждаться и сможет устойчиво работать только в том случае, когда в тракте обратного на-

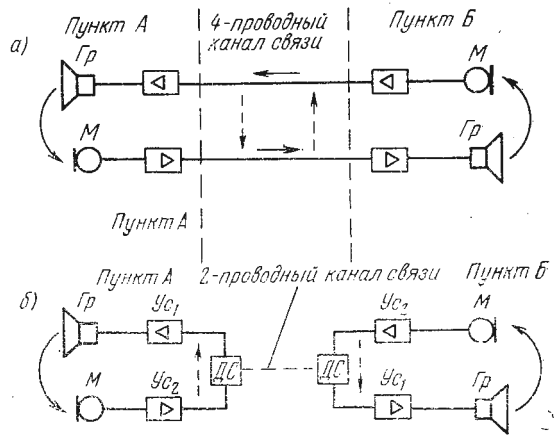


Рис. 3.10. Схема громкоговорящей связи при:
а — четырехпроводном канале связи; *б* — то же, двухпроводном

правления при передаче в направлении *А—Б* (на рис. 3.10*а* тракт *Б—А*) затухание будет настолько велико, что будет удовлетворяться условие, при котором сумма затуханий цепи обратной связи больше суммы усилений прямой цепи: $a_{АБ} > S_{АБ}$.

На устойчивость системы громкоговорящей связи существенное влияние оказывает состояние канала связи и в особенности величины переходного затухания между трактами передачи и приема. Если в дуплексном четырехпроводном канале (рис. 3.10*а*) величина переходного затухания достаточно велика и самовозбуж-

дение системы практически определяется наличием акустической связи между микрофоном и громкоговорителем, то в дуплексном двухпроводном канале (рис. 3.10*б*) величина этого затухания зависит от того, насколько точно сбалансированы дифференциальные системы.

Учитывая, что во время разговора цепи прямой и обратной связи все время меняются местами, возникает необходимость иметь возможность изменять затухание в цепи обратной связи то одного, то другого тракта. На рис. 3.11 приведена схема тракта громкоговорящей овязи с двухпроводным каналом связи и четырехпроводным окончанием

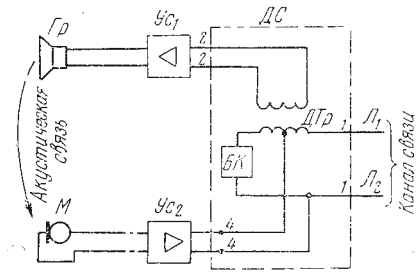


Рис. 3.11. Схема тракта громкоговорящей овязи с двухпроводным каналом связи и четырехпроводным окончанием

коговорящей связи, в которой используется двухпроводный канал связи, оборудованный дуплексным телефонным усилителем, имеющим четырехпроводный выход к оконечным устройствам. Дуплексный усилитель состоит из двух симплексных усилителей — $Ус_1$ и $Ус_2$, действующих в различных направлениях и подключенных к двухпроводному каналу связи через дифсистему *ДС*, являющуюся развязывающим устройством, состоящим из дифференциального трансформатора *ДТр* и балансного контура *БК*.

Как видно из рис. 3.11, схема будет устойчивой лишь в том случае, если не возникнет положительной обратной связи в контуре *М—Ус₂—ДС—Ус₁—Гр—М*. Это условие будет выполнено, если в контуре обратной связи не будет сдвига фаз $a_{oc}—2k\pi$ (при $k=0, 1, 2 \ldots$) и если затухание в контуре обратной связи будет удовлетворять требованию

$$a_{oc} > a_1 + a_2 - (S_{Ус_1} + S_{Ус_2}) > 0, \qquad (3.1)$$

где a_{oc} — общее затухание контура обратной связи; a_1, a_2 — затухание тракта связи от выхода одного усилителя ко входу другого, $S_{Ус_1}$ и $S_{Ус_2}$ — усиления усилителей $Ус_1$ и $Ус_2$.

Известно, что затухание дифсистемы в направлении пропускания определяется формулами

$$a_{12} = 10\lg(1 + n); \qquad (3.2)$$

$$a_{41} = 10\lg\left(\frac{1+n}{n}\right), \qquad (3.3)$$

где a_{12} — затухание в тракте между точками *1.1—2.2*; a_{41} — то же, между точками *4.4—1.1* (см. рис. 3.11); n — отношение витков w_1 к w_2 трансформатора.

Легко заметить, что для равноплечей дифсистемы, где $n=1$, затухание в направлении пропускания равно 3,04 дБ. Затухание дифсистемы в направлении развязки определяется формулами

$$a_{24} = a_{42} = 20\lg 2 \left| \frac{Z_1 + nZ_3}{n_1 - nZ_3} \right| ;$$

$$a_{24} = 20\lg 2 + 20\lg \left| \frac{Z_1 + nZ_3}{Z_1 - nZ_3} \right| = 6{,}8 + 20\lg \left| \frac{Z_1 + nZ_3}{Z_1 - nZ_3} \right| , \qquad (3.4)$$

где величина $20 \lg |(Z_1+nZ_3)/(Z_1-nZ_3)| = a_e$ — балансное затухание; обратная величина $1/a_e = \sigma$ — коэффициент неуравновешенности. Из ф-лы (3.4) видно, что отношение Z_1 к Z_3 имеет решающее значение в работе дуплексных усилителей, так как если дифсистема сбалансирована, т. е. $Z_1 = nZ_3$, то балансное затухание становится бесконечно большим и обратной связи не возникает. Если же баланс нарушен и $Z_1 \neq nZ_3$, то балансное затухание может достигнуть такой малой величины, при которой возникает самовозбуждение усилителя. Практически невозможно достигнуть идеальной балансировки дифференциальной системы дуплексных усилителей. Невозможно также полностью избавиться от акустической связи между громкоговорителем и микрофоном.

Таким образом, на практике всегда имеются условия, благоприятствующие возникновению паразитной положительной обратной связи, в особенности на двухпроводных каналах связи большой протяженности, где приходится прибегать к установке промежуточных усилителей.

Наиболее эффективным способом, позволяющим надежно подавить паразитную обратную связь, является увеличение затухания на тех участках тракта, где возможно образование встречного тракта, создающего замкнутый контур обратной связи. Для тракта, приведенного на рис. 3.11, таким местом будет четырехпроводный участок схемы, начиная от дифференциального трансформатора до места, где подключаются оконечные переговорные устройства. Действительно, если идет передача, т. е. микрофон находится под воздействием голоса корреспондента, громкоговоритель не работает и, следовательно, в любой точке тракта приема от обмотки *1—2* дифференциального трансформатора до громкоговорителя можно ввести дополнительное затухание, которое исключает появление паразитной обратной связи даже и в том случае, когда дифсистема сбалансирована недостаточно точно. Когда идет прием, дополнительное затухание следует ввести в тракт передачи на участке от микрофона до дифференциального трансформатора.

Таким поочередным включением дополнительного затухания то в тракт приема, то в тракт передачи легко добиться того, чтобы сумма затуханий в контуре обратной связи была больше суммы усилений в этом контуре. Практически это достигается путем шунтирования (обрыва) тракта приема в момент передачи или шунтирования (обрыва) тракта передачи в момент приема.

Таким образом, дуплексный канал начинает работать как симплексный, поскольку в каждый отдельный момент времени возможна передача только в одном направлении и для смены направлений требуется произвести определенную манипуляцию, например нажать кнопку или педаль. Следовательно, для обеспечения устойчивости работы двухпроводного канала связи в схему трактов приема и передачи должны быть введены элементы, позволяющие производить изменение затухания этих трактов.

Существует несколько способов управления затуханием цепи обратной связи. Рассмотрим следующие наиболее распространенные из них.

СИМПЛЕКСНЫЕ УСТРОЙСТВА ГРОМКОГОВОРЯЩЕЙ СВЯЗИ

Одним из надежных способов увеличения устойчивости системы громкоговорящей связи является использование такой схемы, при которой никогда не возникает двух взаимнообратных тактов, действующих одновременно и через которые может замкнуться контур обратной связи. Другими словами, в каждый отдельный момент функционирования системы канал является симплексным с периодической (по мере необходимости) сменой направлений действия.

На рис. 3.12 показан простейший способ получения эффекта симплексной работы на дуплексном канале связи. В этой схеме реализован простейший способ управления затуханием в цепи обратной связи, сущность которого заключается в том, что микрофон и громкоговоритель включаются в канал связи поочередно. На рис. 3.12 показаны варианты симплексной связи при двухпроводном и при четырехпроводном канале. Когда абонент говорит, в канал связи включен микрофон *М*, а громкоговоритель *Гр* зашунтирован большой емкостью. На противоположной стороне канала в это время включен громкоговоритель, а микрофон выключен. Когда начинает говорить второй абонент, включается его микрофон, а громкоговоритель шунтируется. В этой схеме обратная связь не возникает, так как конденсатор, шунтирующий цепь гром-

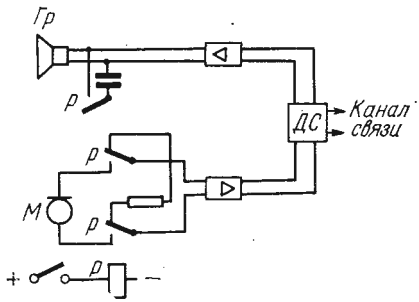


Рис. 3.12. Схема усилителя симплексного действия

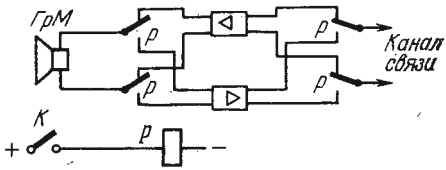


Рис. 3.13. Схема использования громкоговорителя в качестве микрофона

коговорителя, вносит в цепь обратной связи большое затухание. В двухпроводной цепи микрофон и громкоговоритель по очереди (по мере надобности) включаются в канал связи при помощи реле.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЯ В РЕЖИМЕ МИКРОФОНА

Динамический громкоговоритель может быть использован в качестве микрофона. Это свойство динамического громкоговорителя используется в некоторых системах громкоговорящей связи, как правило, для связи типа «директорской» на небольшие расстояния.

Схема использования громкоговорителя в режиме микрофона абсолютно устойчива, так как имеется только один тракт, действующий то в одну, то в обратную сторону и ни при каких условиях замкнутого контура обратной связи не возникает. На рис. 3.13 приведена схема симплексной связи с использованием громкоговорителя в режиме микрофона.

Недостатком схем, где громкоговоритель используется в микрофонном режиме, является большая чувствительность громкоговорителя к окружающим шумам и необходимость иметь сравнительно мощные усилители для передачи.

УПРАВЛЕНИЕ ГОЛОСОМ

На рис. 3.14*а* показан принцип организации громкоговорящей системы связи, в которой эффект симплексной работы достигается за счет действия специального устройства, автоматически изменяющего затухание цепи обратной связи под воздействием голоса говорящего корреспондента.

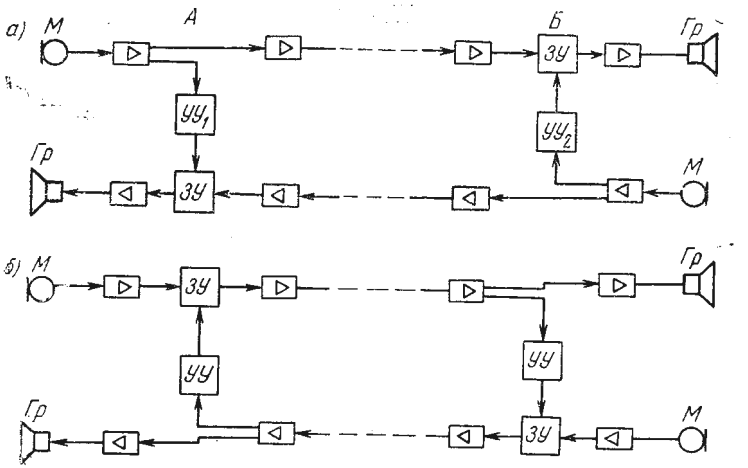


Рис. 3.14. Принцип управления голосом на:
а — ближнем конце; *б* — дальнем конце

Когда корреспондент пункта *А* начинает говорить, усиленный разговорный ток воздействует на управляющее устройство $УУ_1$, которое автоматически увеличивает затухание и тем запирает приемный тракт ближнего конца (пункт *А*); в пункте *Б* оба тракта открыты. Когда начинает говорить корреспондент пункта *Б*, управляющее устройство $УУ_2$ запирает свой приемный тракт, в то время как оба тракта на дальнем конце (в пункте *А*) остаются открытыми.

Встречается схема варианта управления голосом, в которой в спокойном состоянии заперт тракт передачи на ближнем конце. Тракт приема на ближнем конце открыт и всегда готов к приему передачи с противоположной стороны. При начале речи тракт передачи на ближнем конце открывается.

На рис. 3.14*б* приведен вариант управления голосом на дальнем конце. При начале разговора управляющее устройство $УУ_2$ срабатывает на дальнем конце и запирает тракт передачи.

На рис. 3.15 приведена схема с двойным управлением голосом. Приходящий с линии речевой сигнал воздействует на управляющее устройство *УУ*, в результате чего запирающее устройство $ЗУ_1$ в тракте приема отпирается, а устройство $ЗУ_2$ запирает тракт передачи. При работе своего микрофона управляющее устройство запирает тракт приема и отпирает тракт передачи.

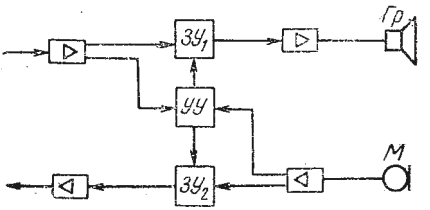


Рис. 3.15. Принцип двустороннего управления голосом

Встречаются и другие схемы управления голосом. Во всех этих вариантах управление начинает действовать с момента начала речи, причем на приведение схемы в рабочее состояние требуется некоторое время, и чем это время больше, тем вероятнее, что первые звуки могут пропасть и тем исказить передаваемое слово. Экспериментальными исследованиями доказано, что время срабатывания устройств управления голосом не должно быть больше 20 мс [3].

Отечественной промышленностью освоен выпуск громкоговорящего телефонного аппарата АТГ-70 [8], в котором применено управление голосом. Аппарат АТГ-70 (рис. 3.16) предназначен для работы на городских телефонных сетях, допускает подключение дополнительного «секретарского» аппарата и совместно со специальными коммутирующими устройствами может применяться для оперативной связи. При повешенной на рычаг микротелефонной трубке и ненажатой кнопке *Кн* в линию включено устройство приема вызова УПВ. При поступлении с линии $Л_1$—$Л_2$ вызова устрой-

ство УПВ срабатывает и начинает давать ток тональной частоты, который с выхода УПВ поступает на громкоговоритель. Громкоговоритель воспроизводит акустический вызывной сигнал. При снятии микротелефонной трубки устройство УПВ выключается, сигнал вызова прекращается, а в линию включается разговорная схема телефонного аппарата *ТА*.

При нажатии кнопки *Кн* схема переключается на громкоговорящий прием. Приходящий с линии $Л_1$—$Л_2$ разговорный ток через дифференциальный трансформатор *ДТр* поступает на вход предварительного приемного усилителя *Ус. пр*$_1$, в результате чего в управляющее устройство поступает управляющий сигнал. Управляющее устройство *УУ*$_1$ при этом выдает сигнал, открывающий выходной усилитель приема *Ус. пр*$_2$, и сигнал, запирающий выходной усилитель передачи *Ус. пер*$_2$. Цепь этого сигнала изображена на схеме линией —x—x—x—.

Выходной усилитель открывается, и разговорный ток, приходящий с линии, усиленный усилителями *Ус. пр*$_1$ и *Ус. пр*$_2$, поступает на громкоговоритель.

При ответе разговорный ток от микрофона $М_2$ поступает на предварительный усилитель *Ус. пер*$_1$, и в управляющее устройство *УУ*$_2$ из усилителя *Ус.пер*$_1$ поступает управляющий сигнал. Управляющее устройство *УУ*$_2$ выдает сигнал, открывающий выходной усилитель передачи *Ус. пер*$_2$, и второй сигнал, запирающий выходной усилитель приема *Ус. пр*$_2$. Таким образом схема переходит в режим передачи и разговорный ток поступает на линию. При одновременном поступлении сигналов с линии и от микрофона $М_2$ откроется то направление, сигнал с которого имеет больший уровень.

Громкоговорящая часть схемы АТГ-70 состоит из приемного двухкаскадного усилителя, собранного на транзисторах $Т_1$—$Т_3$.

Предварительный усилитель, работающий на транзисторе $Т_1$, отделен от двухтактного оконечного усилителя на транзисторах $Т_2$ и $Т_3$ схемой автоматического регулирования затухания, которая состоит из диодного регулятора $Д_1$ и $Д_4$, включенного на выходе предварительного усилителя, и диодного регулятора $Д_5$—$Д_6$, вклю-

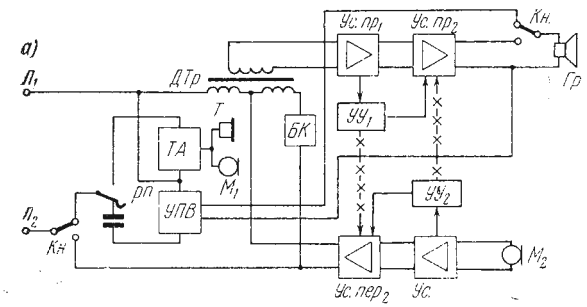
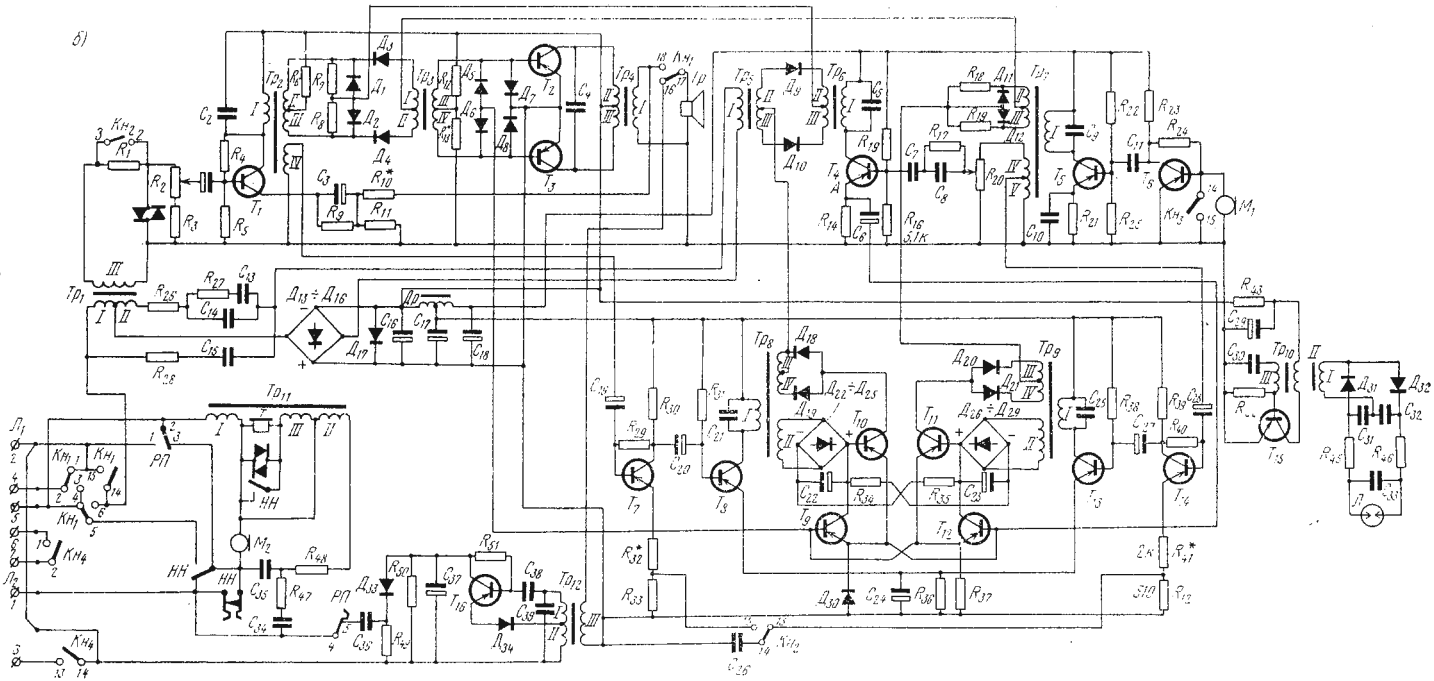


Рис. 3.16. Телефонный аппарат АТГ-70: *а* — функциональная схема; *б* — принципиальная схема (с. 49)


б)
Тр1
Тр2
Тр3
Тр4
Тр5
Тр6
Тр7
Тр8
Тр9
Тр10
Тр11
Тр12
Т1
Т2
Т3
Т4
Т5
Т6
Т7
Т8
Т9
Т10
Т11
Т12
Т13
Т14
Т15
Т16
Д1
Д2
Д3
Д4
Д5
Д6
Д7
Д8
Д9
Д10
Д11
Д12
Д13 ÷ Д16
Д17
Д18
Д19
Д20
Д21
Д22 ÷ Д25
Д26 ÷ Д29
Д30
Д31
Д32
Д33
Кн1
Кн2
Кн3
Кн4
Кн5
Кн6
Кн7
Кн8
Кн9
Кн10
Кн11
Кн12
Кн13
Кн14
Кн15
Кн16
Кн17
Кн18
Л1
Л2
Л3
Л4
Л5
Л6
Л7
Л8
Л9
Л10
Л11
Л12
Л13
Л14
Л15
Л16
Л17
Л18
Л19
Л20
Л21
Л22
Л23
Л24
Л25
Л26
Л27
Л28
Л29
Л30
Л31
Л32
Л33
Л34
Л35
Л36
Л37
Л38
Л39
Л40

ченного на входе оконечного усилителя. Выход усилителя нагружен на громкоговоритель *Гр*.

Передающий усилитель — трехкаскадный на транзисторах T_4—T_6. На входе усилителя включен микрофон M_1, а на выходе — диодный регулятор затухания на диодах $Д_9$—$Д_{10}$.

Переключение направления передачи и приема в аппарате АТГ-70 происходит в результате действия управляющего устройства, построенного на транзисторах T_7—T_{14}. Это устройство состоит из двух одинаковых частей и имеет два входа. На один вход сигнал поступает из тракта приема, а на второй — из тракта передачи. В зависимости от того, по какому входу поступит сигнал, устройство открывает тракт приема, а тракт передачи запирает или наоборот. В состоянии покоя все диоды регулируемых затуханий и управляющей системы закрыты, так как в их цепи ток отсутствует или он настолько мал, что не может повлиять на состояние схемы. Следовательно, усилители приема и передачи подключены к соответствующим трактам через большое затухание, что полностью исключает появление паразитной обратной связи в состоянии покоя.

При приеме из канала связи на вход предварительного усилителя поступает сигнал и усиливается транзистором T_1. Усиленное напряжение сигнала приема с обмотки *IV* трансформатора $Тр_2$ подается на вход переключающего устройства, усиливается транзисторами T_7 и T_8 и преобразуется в постоянное напряжение мостом $Д_{22}$—$Д_{25}$. Это выпрямленное напряжение открывает транзистор T_{11}, в результате чего в цепи управления приемом протекает постоянный ток по цепи:

плюс, R_{37}, T_{11}, $Д_{20}$ и $Д_{21}$, общая точка обмоток *III* и *IV* трансформатора $Тр_9$, R_{18}, R_{19} и $Д_{11}$, $Д_{12}$, общая точка обмоток *II* и *III* трансформатора $Тр_7$, общая точка обмоток *I* и *II* трансформатора $Тр_3$, $Д_3$ и $Д_4$, общая точка обмоток *II* и *III* трансформатора $Тр_2$, R_6, минус.

От этого открываются диоды $Д_3$ и $Д_4$ и затухание в цепи входа на оконечный каскад усилителя резко уменьшается и усилитель начинает нормально усиливать принимаемые сигналы. В громкоговорителе воспроизводится принимаемый сигнал.

Одновременно открываются диоды $Д_{11}$ и $Д_{12}$ и тем самым шунтируют обмотки *II* и *III* трансформатора $Тр_7$, чем вносится дополнительное затухание в тракт передачи и предотвращается возникновение паразитной обратной связи во время приема. Диоды $Д_{20}$ и $Д_{21}$ также открываются, их шунтирующее действие снижает чувствительность устройства, управляющего трактом передачи, вследствие чего исключается возможность самоблокировки управляющего устройства в режиме приема в результате акустической связи громкоговоритель — микрофон.

При передаче напряжение, развиваемое микрофоном M_1, подается на вход предварительного усилителя передачи. Усиленное транзисторами T_6 и T_5, это напряжение выделяется на обмотке *V* трансформатора $Тр_7$, откуда поступает на второй вход устройства

управления, усиливается транзисторами T_{14} и T_{13} и далее преобразуется в постоянное напряжение мостом $Д_{26}$—$Д_{29}$.

Это напряжение открывает транзистор T_{10}, в результате чего образуется цепь:

плюс, $Д_{30}$, T_{10}, $Д_{18}$ и $Д_{19}$, общая точка обмоток *III* и *IV* трансформатора $Тр_8$, общая точка обмоток *II* и *III* трансформатора $Тр_5$, $Д_9$ и $Д_{10}$, общая точка обмоток *II* и *III* трансформатора $Тр_6$, $Д_1$, $Д_2$ и R_7, R_8, общая точка обмоток *II* и *III* трансформатора $Тр_2$, R_6, минус.

Находящиеся в этой цепи диоды $Д_1$, $Д_2$, $Д_9$, $Д_{10}$ и $Д_{18}$, $Д_{19}$ открываются, при этом диоды $Д_1$ и $Д_2$ шунтируют выходную цепь предварительного усилителя приема, внося этим в тракт приема большое затухание, диоды $Д_9$ и $Д_{10}$ открывают выход усилителя передачи на канал связи, диоды $Д_{18}$ и $Д_{19}$ шунтируют обмотки *III* и *IV* трансформатора $Тр_{18}$ и этим снижают чувствительность по первому входу устройства управления трактом приема, исключая возможность самоблокировки устройства управления в режиме передачи через дифференциальный трансформатор $Тр_1$ при его неточной балансировке.

Остальная часть схемы аппарата АТГ-70 не рассматривается, так как не имеет прямого отношения к вопросу управления голосом.

Применение схем с управлением голосом позволяет полностью освободить оператора от необходимости манипулировать кнопкой или педалью во время разговора. Этим самым улучшаются условия работы оператора, так как он может все свое внимание обратить только на процесс управления, не думая о том, что надо делать для того, чтобы переговорить с абонентом.

ОСОБЕННОСТИ ЦИРКУЛЯРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Одним из обязательных требований, предъявляемых к оперативной связи систем управления, является возможность организации циркулярного соединения с операторами управляемых объектов.

Под циркулярным соединением понимается такое соединение, при котором оператор ЦПУ получает возможность вести разговор с операторами всех управляемых объектов (полный циркуляр) или с операторами части управляемых объектов (избирательный циркуляр). Подключение каналов связи к переговорным устройствам оператора ЦПУ при полном циркуляре осуществляется путем нажатия специальной кнопки циркулярного соединения на пульте связи оператора ЦПУ. В результате этого каналы связи, идущие на все управляемые объекты, подключаются к переговорным устройствам оператора ЦПУ, которому требуется циркулярное соединение.

Избирательное циркулярное соединение, или, как его еще называют, групповое соединение, осуществляется путем нажатия специальной кнопки группового соединения, в результате чего к пере-

говорным устройствам оператора ЦПУ подключаются каналы, идущие к заранее определенной группе управляемых объектов, или же выбираются путем нажатия на пульте связи вызывных кнопок тех направлений, с которыми требуется организовать циркулярное соединение.

Ясно, что условия работы оконечных переговорных устройств и каналообразующей аппаратуры при индивидуальном и циркулярном соединениях (как полном, так и избирательном) будут различны. На рис. 3.17 показаны схемы, иллюстрирующие эту разницу.

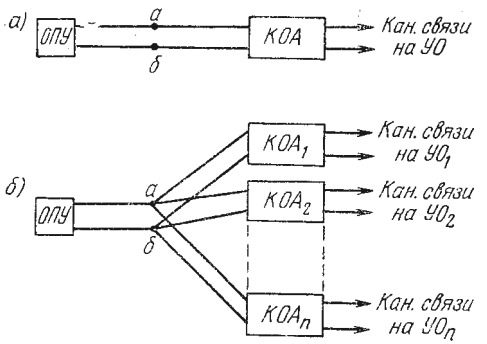


Рис. 3.17. Условия работы каналообразующей аппаратуры при соединении:
а — индивидуальном; *б* — циркулярном

При индивидуальном соединении оконечные переговорные устройства и выходы каналообразующей аппаратуры могут быть достаточно точно согласованы по входному сопротивлению. При циркулярном соединении согласование нарушается, так как нагрузкой оконечных устройств, так же как и выхода отдельно взятой каналообразующей аппаратуры, оказываются все цепи, участвующие в циркулярном соединении.

На рис. 3.18 приведены эквивалентные схемы индивидуального и циркулярного соединения.

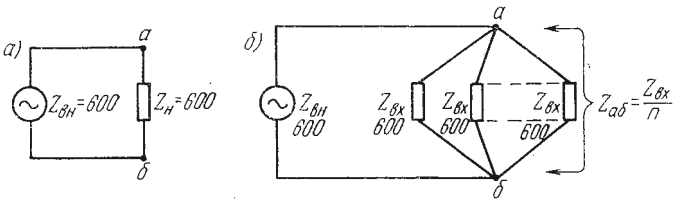


Рис. 3.18. Эквивалентная схема соединения:
а — индивидуального; *б* — циркулярного

Мощность, отдаваемая на нагрузку, будет распределяться между всеми потребителями, включенными циркулярно. Считая, что входные сопротивления всех цепей, участвующих в циркуляре, одинаковы, можем считать, что на каждую цепь придется P/n часть общей мощности. Следовательно, затухание между любыми двумя комплектами каналообразующей аппаратуры при циркулярном

соединении определяется как $a_{\text{цирк}} = 10 \lg \frac{P_1}{P_2}$, а так как $P_2 = P_1/n$, то

$$a_{\text{цирк}} = 10 \lg n, \text{ дБ}. \quad (3.5)$$

Так как при избирательной циркулярной связи число соединенных параллельно цепей каждый раз меняется, то меняются и условия работы оконечных переговорных устройств и каналообразующей аппаратуры.

Нетрудно видеть, что нагрузка при циркулярном соединении определяется выражением

$$Z_{\text{н}} = Z_{\text{вх}}/n, \quad (3.6)$$

где $Z_{\text{вх}}$ — выходное сопротивление аппаратуры, равное обычно 600 Ом; n — количество цепей, участвующих в циркулярном соединении.

Так, при циркулярном соединении, например, 20 каналов связи нагрузка составит $Z_{\text{н}} = 600/20 = 30$ Ом, т. е. окажется несогласованной со входным сопротивлением оконечных устройств. Если каналообразующая аппаратура имеет четырехпроводный выход, то несогласованная нагрузка выходов каналообразующей аппаратуры и оконечных переговорных устройств вызовет появление затухания несогласованности, величина которого определяется формулой

$$a_{\text{несогл}} = 20 \lg \left| \frac{Z_1 Z_2}{2\sqrt{Z_1 Z_2}} \right|. \quad (3.7)$$

Общее затухание при циркулярном соединении будет равно сумме $a_{\text{общ}} = a_{\text{цирк}} + a_{\text{несог}}$ и для рассматриваемого случая составит около 20 дБ.

При каждом изменении количества каналов, подключаемых при циркулярном соединении, меняется и величина затухания несогласованности. Следовательно, каждый раз при избирательной циркулярной связи необходимо регулировать усиление усилителей в зависимости от количества каналов, подключенных к циркулярному соединению, что в эксплуатации крайне нежелательно.

Если же каналообразующая аппаратура имеет двухпроводный выход, то при циркулярном соединении нарушается баланс всех дифференциальных систем и как следствие происходит самовозбуждение всей системы. Так как сопротивление нагрузки при различном количестве каналов, участвующих в циркулярном соединении, может принимать различные значения (от 600 до $600/n$ Ом), то ясно, что каналы связи с двухпроводным выходом без принятия специальных мер (стабильности согласования входных сопротивлений, перестройки балансных контуров дифференциальных систем, регулировки усиления усилителей при каждом изменении количества каналов, участвующих в циркулярном соединении) обеспечить устойчивую работу оперативной связи не могут. Однако учитывая, что по ряду причин при организации оперативной свя-

зи часто приходится использовать двухпроводные каналы связи, разработаны некоторые технические решения, позволяющие и в этом случае иметь вполне устойчивую систему оперативной связи.

СОГЛАСОВАНИЕ ВХОДНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Как было показано, главной причиной нарушения устойчивости в работе системы оперативной связи при циркулярных соединениях является то, что при изменении количества каналов связи, подключаемых к циркулярному соединению, неминуемо изменяется величина сопротивления нагрузки каждого канала связи и оконечных переговорных устройств, участвующих в циркулярном соединении.

Нестабильность нагрузки чрезвычайно затрудняет, а в некоторых случаях делает совершенно невозможной комплексную регулировку всей системы в целом. Чтобы обеспечить стабильность нагрузки, применяют специальную схему развязки.

На рис. 3.19 приведена схема развязки нагрузки путем использования пассивных элементов в каналообразующей аппаратуре, работающей при циркулярном соединении. В этой схеме как оконечное переговорное устройство, так и выходы каналообразующей аппаратуры всегда нагружены на постоянную нагрузку (удлини-

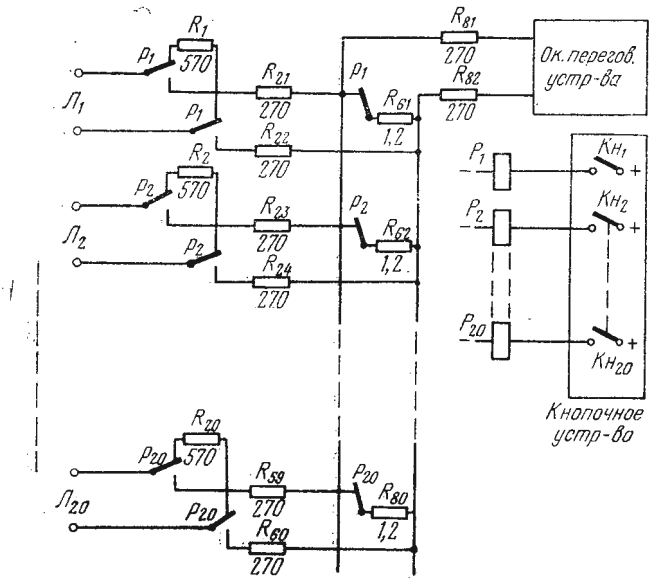


Рис. 3.19. Схема получения постоянства нагрузки

тель), не зависящую от количества каналов связи, участвующих в циркулярном соединении. На рис. 3.20 показаны два варианта состояния схемы. Схема *а* соответствует состоянию покоя, когда каналообразующая аппаратура канала № 1 (как и любого другого

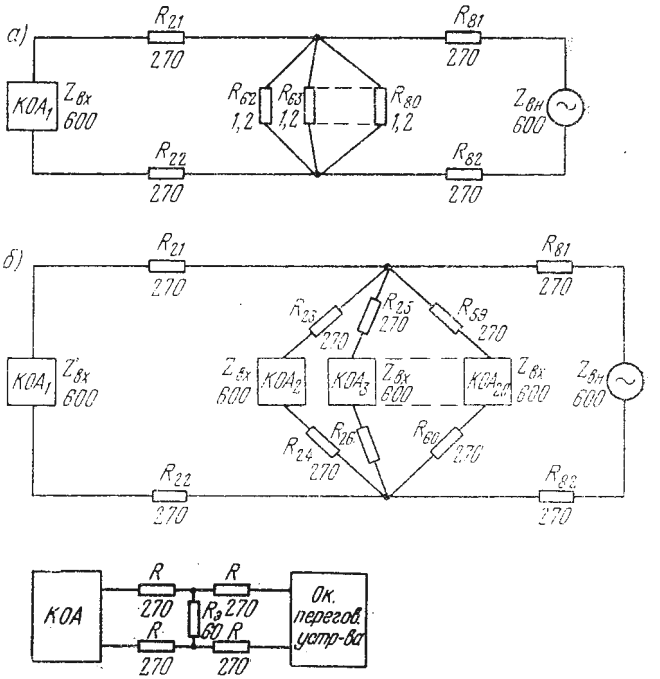


Рис. 3.20. Схема тракта при циркулярном соединении в состоянии: *а* — покоя; *б* — рабочем; *в* — эквивалентная схема

канала) нагружена на сопротивление $R_1 = 570$ Ом. При подключении канала к оконечному переговорному устройству как при индивидуальном, так и при циркулярном соединении, срабатывает реле P_1 и своими контактами подключает канал к сопротивлениям R_{21} и R_{22}. Цепь нагрузочного сопротивления R_{61} обрывается контактами реле P_1. Это состояние показано на схеме *б*.

В результате срабатывания реле P_1 образуется цепь, эквивалентная схема которой изображена на рис. 3.20 *в*.

Каналообразующая аппаратура и оконечное переговорное устройство оказываются соединенными через удлинитель, плечами которого являются сопротивления R_{21}, R_{22}, R_{81} и R_{82}, а параллельная ветвь $R_э$ состоит из сопротивлений R_{62}—R_{80}, соединенных параллельно. Нетрудно заметить, что входные сопротивления этого удлинителя как со стороны каналообразующей аппаратуры, так и со стороны оконечных переговорных устройств составляют примерно 600 Ом. Подключение остальных каналов не меняет параметров удлинителя, так как при каждом новом подключении в эквивалентном сопротивлении $R_э$ происходит замена сопротивления в 1200 Ом на сопротивление канала связи (600 Ом) и два сопротивления по 270 Ом, включенных последовательно.

Таким образом, при любом варианте подключения каналообразующей аппаратуры (каналов связи) к оконечным переговорным

устройствам входные сопротивления остаются практически постоянными и при любых вариантах циркулярного соединения режим работы аппаратуры не нарушается, балансировка дифференциальных систем сохраняется и система не самовозбуждается.

Используя описанный принцип организации циркулярного соединения, следует иметь в виду, что оказавшийся в разговорном тракте удлинитель (рис. 3.20) вносит сравнительно большое затухание, величина которого может быть подсчитана по известным формулам [14] и для рассматриваемого случая, когда в циркулярном соединении участвует 20 каналов, составит около 21,7 дБ. Это затухание должно быть скомпенсировано соответствующим усилением в оконечных переговорных устройствах.

На рис. 3.21 приведена схема, в которой развязка нагрузки каналов осуществляется активными элементами (усилителями). Схема обеспечивает полную развязку всех каналов, в результате чего

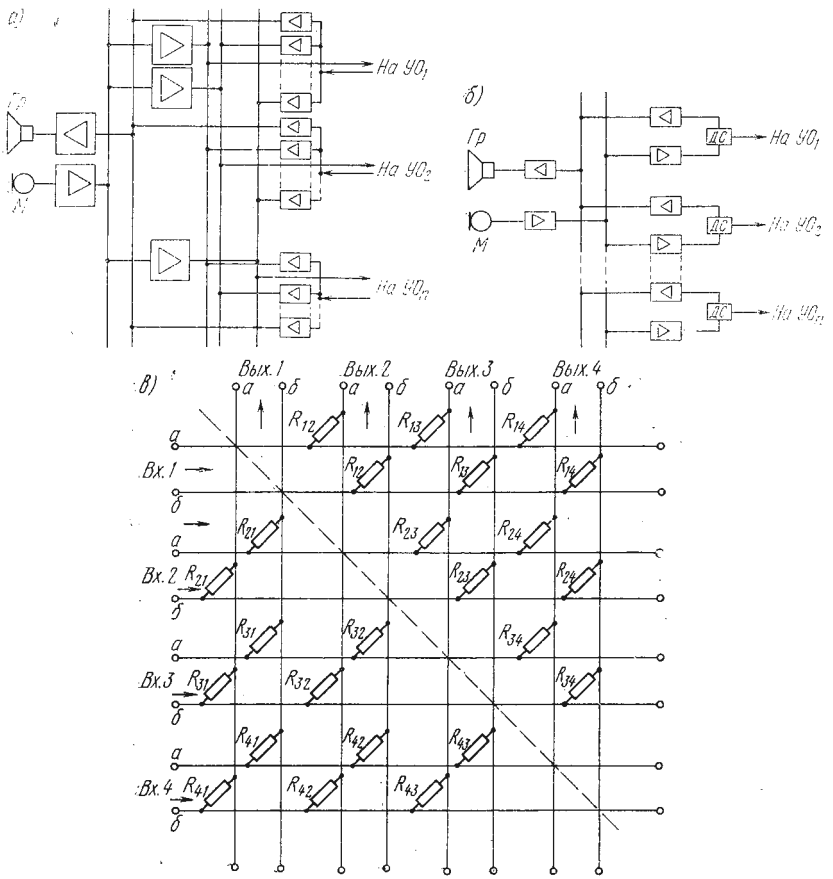


Рис. 3.21. Схема развязки:
а — при посредстве усилителей; *б* — упрощенная; *в* — матричная

нагрузка оказывается весьма стабильной. Недостатком этой схемы является большое количество развязывающих усилителей. Для организации распорядительной циркулярной связи, при которой операторы управляемых объектов не слышат друг друга и могут вести переговор только с оператором ЦПУ, развязывающая схема значительно упрощается (рис. 3.21*б*).

На рис. 3.21*в* приведена матричная схема развязывающего устройства, составленная из пассивных элементов и позволяющая организовать совещательную циркулярную связь. Оригинальность этой схемы [24] заключается в следующем: половина резисторов этой матрицы включена так, что горизонтали *а* соединены с вертикалями *а* и соответственно горизонтали *б* с вертикалями *б*. Вторая половина резисторов соединяет горизонталь *а* с вертикалями *б* и горизонтали *б* с вертикалями *а*. Легко заметить, что каждый вход имеет прямое соединение через соответствующие резисторы со всеми выходами, за исключением одноименного выхода. Так, *Вх. 1* через резисторы R_{12} и R_{12} имеет соединение с *Вых. 2*, через резисторы R_{13} и R_{13} — с *Вых. 3* и через резисторы R_{14} и R_{14} — с *Вых. 4*. Одновременно образуется несколько побочных цепей с *Вых. 1*, но эти цепи образуются так, что половина этих цепей соединяет входную горизонталь a_1 с выходной вертикалью a_1 и соответственно входную горизонталь $б_1$ с выходной вертикалью $б_1$, а другая половина цепей — с вертикалями *Вых. 1* в противофазе, т. е. входную горизонталь a_1 с выходной вертикалью $б_1$ и входную горизонталь $б_1$ с выходной вертикалью a_1. Так как параметры этих цепей одинаковы, то напряжения, попавшие со *Вх.1* на *Вых.1* через побочные цепи, полностью взаимно скомпенсируются, чем исключается возможность возникновения обратной связи.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

Принципы построения сети телефонной связи систем управления

4.1. СТРУКТУРА СЕТИ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, ХАРАКТЕРНЫЕ ВАРИАНТЫ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ

Большое значение телефонной связи в оперативном управлении автоматизированной системой обусловливает требование, чтобы система связи базировалась на маневренной и гибкой сети каналов связи с использованием различных обходов, обеспечивающих эксплуатацию системы с высокой степенью надежности и живучести.

Сеть телефонной связи должна быть построена с учетом специфических условий ее эксплуатации и, в первую очередь, так, чтобы во время оперативной работы операторам ЦПУ была обеспечена возможность безотказной связи со всеми управляемыми объектами.

Структура сети телефонной связи в большой степени зависит от того, насколько автоматизирован способ соединения абонентов. В системах, где способ соединения абонентов не автоматизирован, сеть связи строится, как правило, по радиальному принципу, что позволяет иметь прямые телефонные каналы с управляемыми объектами, постоянно подключенные к пунктам. Такой способ обеспечивает операторам ЦПУ быстрое вхождение в связь с операторами УО, однако требует большого количества каналов, коэффициент использования которых оказывается весьма низким из-за большого времени их простоев.

При автоматизированном способе соединения абонентов структура сети получается более сложной и, как правило, разговорный тракт образуется в момент возникновения требования на соединение путем автоматической коммутации на промежуточных узлах связи в процессе установления соединения. Такой способ позволяет значительно повысить коэффициент использования каналов и обеспечивает гибкость сети путем организации автоматических обходов.

В настоящей книге рассматривается вопрос структурного построения сетей телефонной связи, главным образом, применительно к автоматизированным сетям связи.

Структура сети телефонной связи во многом зависит от режима работы системы. На практике наиболее часто встречаются два основных варианта режима работы: а) непрерывной оперативной работы и б) периодической оперативной работы.

При режиме непрерывной оперативной работы управляемые объекты работают непрерывно. На ЦПУ непрерывно несут сменное дежурство операторы, непрерывно происходит обмен информацией, каналы телефонной связи группируются по своему назначению (например, каналы передачи данных, каналы оперативной связи, каналы служебной связи). По каналам передачи данных идет непрерывный обмен телекодовой информацией, каналы оперативной связи находятся в постоянной готовности обеспечить любому оператору ЦПУ оперативный разговор с оператором любого управляемого объекта. Каналы служебной связи обеспечивают возможность телефонных переговоров всему эксплуатационному штату системы.

При режиме периодической оперативной работы система находится в дежурном состоянии, а управляемые объекты — в состоянии готовности приступить к оперативной работе по условному сигналу. На ЦПУ имеется оперативный дежурный, который при соответствующей ситуации подает сигнал перехода на режим оперативной работы. Обмен телекодовой информацией происходит в весьма ограниченном объеме или же не происходит вовсе.

Каналы телефонной связи, а иногда и каналы передачи данных в дежурном режиме используются для общих служебных переговоров. При возникновении ситуации, требующей перехода в режим оперативной работы всей системы или отдельных объектов, с ЦПУ подается условный сигнал, по которому дежурные операторы ЦПУ занимают свои рабочие места и управляемые объекты, на которые был послан сигнал оперативной работы, переходят в этот режим. Включается аппаратура передачи данных, и начинается обмен телекодовой информацией. Каналы связи распределяются по своему назначению: часть их переключается для передачи данных, часть для оперативной связи, а остальные остаются для служебной связи.

При выборе той или иной структуры построения сети телефонной связи большое значение имеют экономические соображения, что особенно существенно для тех систем, управляемые объекты которых расположены на большом расстоянии от ЦПУ, вследствие чего каналы телефонной связи имеют большую протяженность и строительство их требует больших затрат.

В основу структурного построения сети телефонной связи может быть положен один из следующих принципов:

а) ЦПУ и все управляемые объекты соединяются каналами связи по принципу «каждый с каждым»;

б) все управляемые объекты соединяются каналом связи только с ЦПУ, образуя сеть связи, построенную по радиальному принципу;

в) на сети связи организуются узловые пункты, через которые управляемые объекты соединяются с ЦПУ;

г) узловые пункты соединяются между собой прямыми каналами связи, чем обеспечивается возможность обходных соедине-

ний. Сеть, построенная по такому принципу, получила название петлевой сети.

Структура сети связи, построенной по принципу «каждый с каждым», показана на рис. 4.1. Сеть, построенная по такому принципу, имеет те основные преимущества, что она исключает необхо-

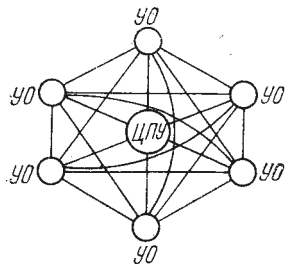


Рис. 4.1. Структура сети связи, построенной по принципу «каждый с каждым»

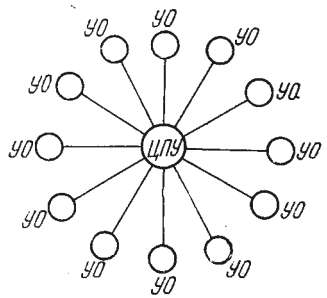


Рис. 4.2. Структура сети связи с радикальным построением

димость коммутации каналов связи в промежуточных пунктах и обеспечивает максимальную маневренность и гибкость. Повреждение сети на любом из участков не вызывает нарушения функционирования всей сети в целом. Однако организация такой сети связи требует больших материальных затрат и экономически не всегда целесообразна. Количество прямых связей при таком варианте построения сети может быть определено по формуле

$$S = \frac{m(m+1)}{2}, \qquad (4.1)$$

где S — число прямых направлений связи; m — число управляемых объектов, входящих в систему.

Так, например, для АСУ, имеющей 18 управляемых объектов и один ЦПУ, $m=18$ и требуется 171 прямое направление связи. Учитывая, что в АСУ основной обмен речевой информацией происходит между ЦПУ и АУ, а тяготение ОУ между собой весьма незначительно, становится ясно, что сеть, построенная по принципу «каждый с каждым», для АСУ экономически не будет оправдана.

Радиальный принцип построения сети (рис. 4.2) позволяет организовать связи систем более экономно. Число прямых направлений связи для этого варианта определяется формулой $S=m$. Нетрудно заметить, что количество прямых направлений связи в этом варианте в $(m+1/2)$ раз меньше, чем в предыдущем, и составит 18 направлений. Однако радиальное построение сети вовсе не имеет обходных цепей, вследствие чего при повреждении сети на отдельных участках часть УО полностью лишаются связи с ЦПУ. Следовательно, сеть связи, построенная по радиальному принципу, не обеспечит требуемой надежности и живучести.

При узловом построении сети управляемые объекты разбиваются на группы, каждая из которых объединяется промежуточным узловым пунктом. Промежуточные узловые пункты имеют прямые связи с ЦПУ (рис. 4.3*а*) или объединяются следующим промежуточным узлом и только после этого соединяются с ЦПУ (рис. 4.3*б*). В последнем случае промежуточные узлы, имеющие прямые связи

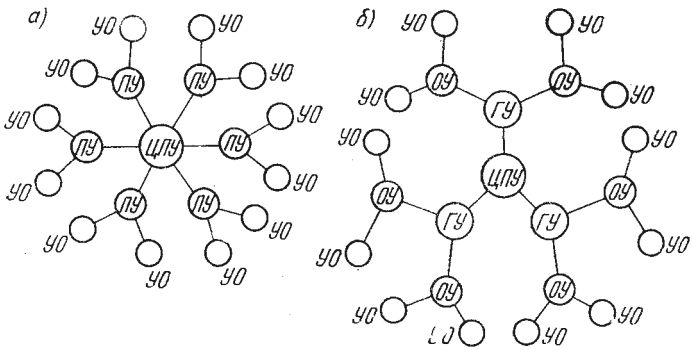


Рис. 4.3. Структура сети связи с узловым построением:
а — одноступенчатая; *б* — многоступенчатая

с ЦПУ, считаются главными узлами, а узлы, объединяющие УО,— оконечными узлами. Количество прямых направлений связи в сети с узловым построением определяется по следующей формуле:

$$S = m + m_1 + m_2, \tag{4.2}$$

где m — количество управляемых объектов; m_1 — количество главных узлов; m_2 — количество оконечных узлов.

Если главные и оконечные узлы имеют между собой поперечные связи (рис. 4.4, вариант 1), то сеть превращается в петлевую и общее количество прямых направлений связи определяется формулой $S = S_1 + S_2 + S_{10} + S_{11} + S_{22}$, где $S_1 = m_1$ — число прямых направлений связи между ЦПУ и главными узлами; $S_2 = m_2$ — число прямых направлений связи между главными и оконечными узлами; $S_{10} = m$ — число прямых направлений связи между оконечными узлами и УО; $S_{11} = m_1$ — число прямых направлений связи между главными узлами; $S_{22} = m_2$ — число прямых направлений связи между оконечными узлами.

Следовательно, общее количество прямых направлений связи определяется формулой

$$S = 2m_1 + 2m_2 + m = 2(m_1 + m_2) + m. \tag{4.3}$$

Возможны и более сложные соединения между главными и оконечными узлами. Так, например, главные узлы могут соединяться с оконечными по принципу, показанному на рис. 4.4, вариант 2. Однако на сетях связи автоматизированных систем такое построение сети не дает заметного эффекта в смысле увеличения маневренности и гибкости. С точки же зрения экономической

такое построение приводит к значительным неоправданным материальным затратам.

Не останавливаясь подробно на способах эксплуатации сети связи, так как этот вопрос рассмотрен в гл. 5, отметим, что эксплуатация каналов, предназначенных для оперативной связи АСУ,

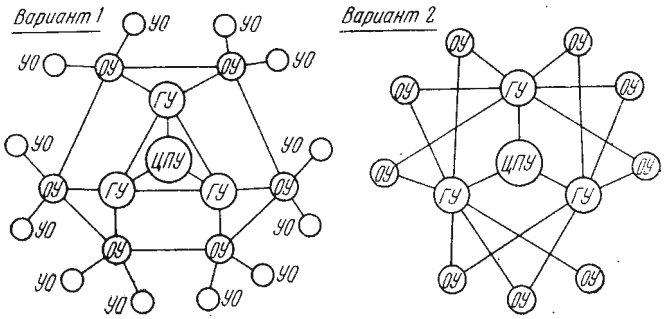


Рис. 4.4. Структура сети связи с петлевым построением

существенно отличается от характера эксплуатации каналов, предназначенных для общей государственной связи.

Оперативная телефонная связь должна быть безотказной, причем доступ к этому виду связи предоставляется весьма ограниченному кругу лиц, непосредственно участвующих в оперативном управлении функционированием управляемых объектов. Ясно, что для такого вида связи организация транзитных соединений на узловых пунктах сети не должна занимать много времени, а это возможно в двух случаях: 1) при автоматизации процессов коммутации каналов, о чем подробно будет сказано в § 4.2, или 2) при такой организации эксплуатации каналов связи, когда заранее разработана схема коммутации каналов для оперативной работы.

Перед началом оперативной работы подается определенный, условный сигнал, по которому на узловых пунктах сети каналы связи коммутируются так, чтобы при требовании оператора ЦПУ на соединение с управляемым объектом канал был бы уже готов и никакой дополнительной коммутации не требовалось.

Эксплуатация каналов общей служебной связи систем управления не имеет особой специфики; такие каналы включаются в коммутаторы дальней связи и эксплуатируются как обычные каналы дальней связи по заказной системе. Наиболее полно каналы связи используются тогда, когда каналы оперативной связи при отсутствии оперативной работы передаются на коммутатор для использования в дежурном режиме системы для общей служебной связи. Такой метод использования каналов особенно эффективен в тех системах, где процесс коммутации каналов связи автоматизирован. При таком методе нет деления на каналы служебной и оперативной связи. Любой канал, если он свободен, может быть использован для общих служебных разговоров. Если же канал потребовался для оперативного разговора с рабочего места опера-

тора, то, как только поступает требование, канал немедленно подключается к рабочему месту, откуда поступило требование, и если канал в этот момент оказался занятым общим служебным разговором, соединение автоматически нарушается и канал освобождается для оперативного переговора. Все эти мероприятия направлены на повышение эффективности использования одного из наиболее дорогостоящих элементов любой системы — сети каналов связи.

Основным критерием при оценке различных вариантов построения сети является получение наиболее экономичных решений для заданных эксплуатационных и технических требований. При экономической оценке того или иного варианта необходимо учитывать не только количество направлений прямых связей, но и количество каналов в пучке каждого направления, а также расстояние между пунктами. Все это в конечном счете даст суммарную цифру канало-километров данной сети связи, а также позволит определить количество каналообразующей аппаратуры. Эти основные цифры и дадут экономическую характеристику сети связи.

Чтобы определить количество канало-километров, необходимо знать расстояния между соседними пунктами сети и количество каналов на каждом направлении сети, которое необходимо иметь для обслуживания всех поступивших требований на соединение.

Если определение расстояния между пунктами не представляет каких-либо трудностей и поэтому не требует особых разъяснений, то расчет количества каналов на каждом направлении связан с некоторыми особенностями.

Как известно, в основу расчета числа каналов положена формула Эрланга, определяющая вероятность отказа в соединении по причине занятости канала в зависимости от количества каналов и нагрузки, создаваемой абонентами:

$$p_n = \frac{\dfrac{a^n}{n!}}{\sum\limits_{k=0}^{k=n} \dfrac{a^k}{k!}}, \qquad (4.4)$$

где p — вероятность отказа (потери), n — количество каналов связи; k — количество каналов связи, занятых соединением; $a = \lambda t_{обсл}$ — параметр, характеризующий время использования линии за единицу времени, отнесенное к одному занятию; λ — математическое ожидание числа требований на соединение за единицу времени; $t_{обсл}$ — математическое ожидание длительности обслуживания одного занятия канала.

Величина p является функцией трех аргументов — a, k и n, из которых a, в свою очередь, является функцией λ и k. Это затрудняет использование ф-лы (4.4) для практических расчетов. Гораздо удобнее для практических расчетов пользоваться кривыми, построенными для значения потерь p в зависимости от количества

каналов связи. На рис. 4.5 приведено семейство кривых, дающих возможность графически определить вероятность потерь для различного количества каналов связи при различной нагрузке.

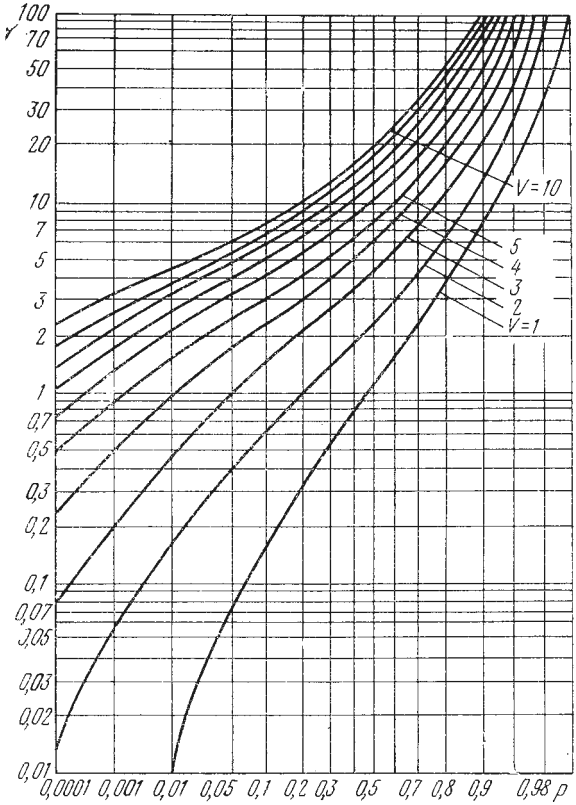


Рис. 4.5. Кривые для определения количества потерь

В расчеты количества каналов для оперативной связи, полученные по формуле Эрланга или по номограмме рис. 4.5, должны быть внесены некоторые поправки с учетом требования обеспечения безотказности в соединении для ограниченного круга лиц.

Количество каналов связи на участках сети, где каналы оперативной и служебной связи объединяются в общие пучки, должно быть не меньше числа операторов ЦПУ, пользующихся правом безотказного соединения в данном направлении. Это означает, что если в результате расчета по формуле или графику получено число каналов, которое меньше числа операторов, пользующихся правом безотказной связи, то это число должно быть увеличено до числа операторов. Если же расчетное число каналов будет больше, то такое число может быть принято как оптимальное.

Общее количество канало-километров, требуемое для обеспечения функционирования системы, может определяться по следующим формулам для наиболее распространенных структур сети:

1) для радиального построения

$$N = \sum_{i=1}^{i=S} n_i l_i, \tag{4.5}$$

где N — общее количество канало-километров сети; n_i — количество каналов в данном направлении; l_i — протяженность данного направления; S — количество направлений, определяемое по ф-ле (4.3).

Если на всех направлениях число каналов одинаково, то для ориентировочного определения числа канало-километров можно пользоваться упрощенной формулой:

$$N = Snl_{\text{ср}}, \tag{4.6}$$

где S — число направлений; n — число каналов в каждом направлении; $l_{\text{ср}}$ — средняя протяженность общего направления;

2) для узлового построения

$$\underset{i=S_i}{N} = N_1 + N_2 + N_m + N_{11} + N_{22}, \tag{4.7}$$

где $N_1 = \sum_{i=1}^{i=S_i} n_i l_i$ — число канало-километров на участках ЦПУ—ГУ; $N_2 = \sum_{i=1}^{i=S_n} n_i l_i$ — то же, на участках ГУ—ОУ; $N_m = \sum_{i=1}^{i=S_m} n_i l_i$ — то же, на участках ОУ—УО; $N_{11} = \sum_{i=1}^{i=S_{11}} n_i l_i$ —то же, на участках ГУ; $N_{22} = \sum_{i=1}^{i=S_{22}} n_i l_i$ — то же, на участках между ОУ; n_i — количество каналов на данном направлении; l_i — протяженность данного направления.

Если структура сети симметрична и каждый ОУ объединяет k ОУ, а каждый ГУ объединяет k_1 ОУ, то $m_2 = m/k$ и $m_1 = m/k\,k_1$. Тогда для приближенного расчета можно пользоваться формулой

$$N = m\left(\frac{n_1 l_{1\text{ср}} + n_{11} l_{11\text{ср}}}{kk_1} + \frac{n_2 l_{2\text{ср}} + n_{22} l_{22\text{ср}}}{k} + n_8 l_{m\text{ср}}\right). \tag{4.8}$$

4.2. ОСОБЕННОСТИ СЕТИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ

Автоматизация телефонной связи дает возможность значительно повысить качество обслуживания абонентов, более эффективно использовать оборудование и каналы связи, увеличить надежность функционирования сети связи в целом, получить значительную экономию за счет сокращения обслуживающего персонала.

Автоматизация таких специальных видов связи, какими являются оперативная и служебная телефонные связи, особенно целесообразна. Это дает возможность значительно повысить оперативность связи, сократить количество каналообразующей аппаратуры на ЦПУ и более рационально использовать каналы связи. Экономическая целесообразность и техническая эффективность автоматизации телефонной связи автоматизированных систем определяется спецификой функционирования системы и теми тактико-техническими требованиями, которые предъявляются к средствам телефонной связи.

Одной из основных особенностей телефонной связи автоматизированных систем является ее сугубо локальный характер: сеть телефонной связи является замкнутой, с весьма ограниченным количеством выходов на другие сети и с ограниченным количеством абонентов, которым доступно пользование оперативной телефонной связью.

Целесообразность автоматизации телефонной связи системы управления определяется правильностью выбора структуры сети связи, которая, в свою очередь, зависит от требований, предъявляемых к структуре сети в части ее оперативности и взаимного тяготения объектов, включенных в сеть связи.

Характерной особенностью телефонной связи АСУ является то, что основное тяготение, как правило, имеется между ЦПУ и управляемыми объектами, в то время как тяготение между УО носит случайный характер и имеет место, главным образом, между соседними УО.

Все соединения, которые осуществляются по сети телефонной связи, могут быть разбиты на две категории: а) оперативные переговоры и б) переговоры, носящие общий служебный характер. Оперативные переговоры осуществляются с пультов связи рабочих мест операторов или специальных телефонных аппаратов оперативной связи. Соединение при этом должно выполняться безотказно, с приоритетом перед общим служебным разговором. Соединения для служебных переговоров осуществляются в порядке общей очереди, по мере наличия свободных каналов телефонной связи.

Каналы телефонной связи также обычно разделяются на два вида: а) каналы оперативной телефонной связи и б) каналы общей служебной связи. Каналы оперативной связи включаются в пульты связи на рабочих местах операторов, а каналы служебной связи — в коммутатор дальней связи. Такое разделение каналов связи приводит к тому, что использование их (особенно каналов оперативной связи) оказывается неэффективным.

При автоматизации телефонной связи целесообразно образовать общий пучок каналов, используемых как для оперативной, так и для служебной связи.

Принципы автоматизации сети телефонной связи систем управления во многом сходны с принципами автоматизации общегосударственной сети связи. Однако имеются и существенные различия. Сравнительно небольшое количество пунктов, входящих в со-

став телефонной сети АСУ, и ее замкнутый характер позволяют построить сеть так, чтобы в каждом узловом пункте сети производилась коммутация тракта телефонной связи всего на два направления. Это позволяет значительно упростить коммутационное оборудование, применив такие совершенные виды коммутационных элементов, как герконы, управляемые логическими схемами, собранными на элементах микроэлектроники.

Количество абонентов на оконечных пунктах, между которыми устанавливается соединение прямым набором, очень невелико. Тяготение между абонентами определяется их функциональными обязанностями, и поэтому адреса соединений весьма стабильны.

Все абоненты делятся на две группы. Первая группа — это прямые абоненты сети автоматической телефонной оперативной связи (АТОС) и вторая группа — это абоненты АТС и коммутаторов, установленных на оконечных пунктах сети. На ЦПУ выход на АТОС имеют абоненты, связанные с оперативной работой. Это в основном операторы рабочих мест ЦПУ, количество их редко превышает 10—20, в том числе и выходы на АТОС с местной АТС или коммутатора. На УО в сеть АТОС включаются два-три абонента и один выход на местную АТС или коммутатор.

Рассмотрим в качестве примера, как происходит соединение между двумя прямыми абонентами сети АТОС, построенной по петлевому принципу (рис. 4.6). ЦПУ связан прямыми каналами связи с тремя промежуточными пунктами, на которых оборудованы главные коммутационные узлы $ГКУ_1$—$ГКУ_3$. Каждый главный коммутационный узел связан прямыми каналами с двумя оконечными узлами, на которых оборудованы оконечные коммутационные узлы $ОКУ_1$—$ОКУ_6$. Оконечные коммутационные узлы $ОКУ_7$—$ОКУ_9$ имеют прямые каналы связи только с соседними ОКУ. Каждый ОКУ имеет линейный искатель ЛИ, который обеспечивает выход на любое из двух направлений к управляемым объектам. Таким образом, в каждом коммутационном узле имеется возможность выбора одного из двух направлений.

Рассмотрим процесс соединения абонента ЦПУ с абонентом управляемого объекта $УО_4$. Этот объект включен в оконечный узел $ОКУ_7$. В результате набора номера или нажатия вызывной кнопки абонентом ЦПУ вырабатывается определенная кодовая комбинация, определяющая адрес требуемого абонента. Коммутационные устройства ЦПУ выполняют соединение с $ГКУ_1$ или, если все каналы с этим узлом оказались занятыми или поврежденными, то соединение автоматически осуществляется с $ГКУ_2$[1]). Если соединение осуществляется через $ГКУ_1$, то автоматическое коммутационное устройство АКУ этого узла под воздействием кодовой комбинации выполняет соединение с выходом на направление к оконечному узлу $ОКУ_1$. Коммутирующее устройство узла $ОКУ_1$ выполняет соединение с выходом к оконечному узлу $ОКУ_7$. Соединение

[1]) На рис. 4.6 жирной линией показано соединение через главный коммутационный узел $ГКУ_1$, а пунктирной линией — соединение через $ГКУ_2$.

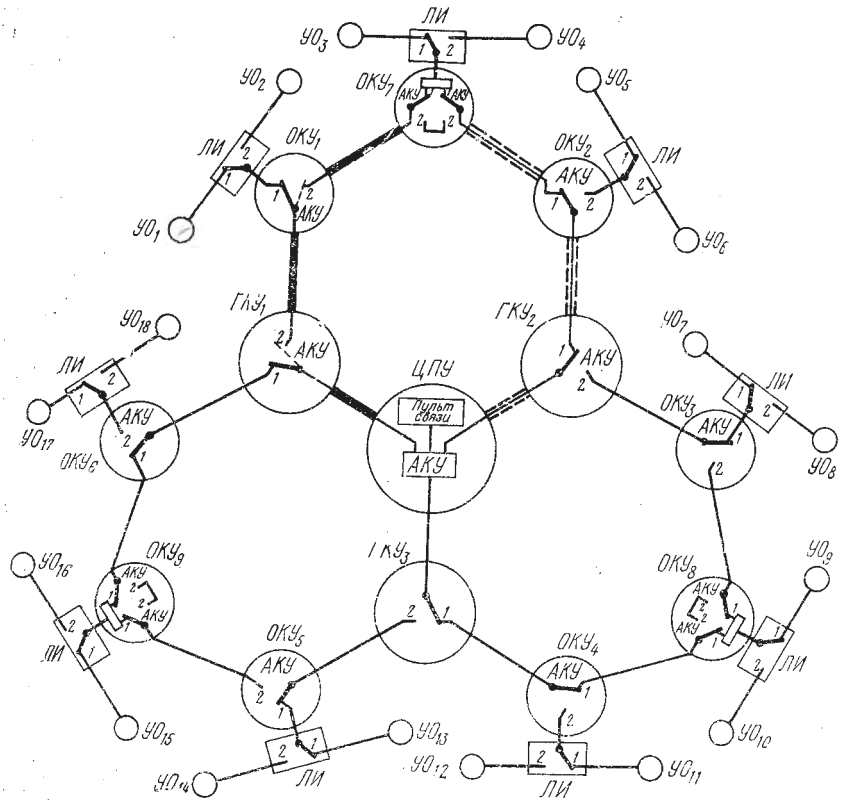


Рис. 4.6. Принцип соединения на петлевой сети

заканчивает линейный искатель ЛИ узла ОКУ$_7$, который соединяет образованный тракт с линией, идущей к управляемому объекту УО$_4$.

Если соединение идет через главный узел ГКУ$_2$, то дальнейшее соединение осуществляется автоматическими коммутационными устройствами узлов ОКУ$_2$ и ОКУ$_7$ и оканчивается, также, как и в первом случае, линейным искателем узла ОКУ$_7$.

Как видно из рассмотренного примера, соединение с любой оконечной станцией может быть осуществлено по двум направлениям, чем обеспечивается высокая гибкость и живучесть системы.

4.3. ПРИОРИТЕТНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Безотказность предоставления каналов связи для оперативных переговоров может быть обеспечена в двух случаях: 1) когда количество каналов настолько велико, что всегда имеются свободные каналы, и 2) когда абонентам, ведущим оперативную работу, предоставляется право приоритета, т. е. возможность автоматически освобождать канал, занятый общим служебным разговором,

без каких-либо дополнительных манипуляций со стороны абонента, заявляющего о необходимости получения канала для оперативного переговора.

Абонент, имеющий право приоритетного соединения, может подключаться к занятому абоненту и принудительно его освобождать для оперативного разговора.

Количество каналов телефонной связи в системах управления, как правило, очень ограниченно, поэтому единственной возможностью обеспечения безотказных соединений являются приоритетные соединения.

Чтобы возможность осуществления приоритетных соединений не внесла в эксплуатацию средств телефонной связи элемента неорганизованности, должны быть приняты соответствующие мероприятия, обеспечивающие строгую дисциплину в использовании права приоритетного соединения. Количество операторов, которым предоставляется право приоритетных соединений, должно быть сведено до минимума, и все они должны быть строго проинструктированы о правилах приоритетных соединений. Как правило, право приоритетного соединения имеют только операторы, ведущие оперативную работу, находясь на своих рабочих местах.

Учитывая, что за каждым оператором закрепляются управляемые объекты определенного направления и, следовательно, необходимости вести переговоры с операторами УО других направлений, как правило не возникает, право приоритетного соединения не вносит беспорядка в эксплуатацию телефонной связи, тем более, что во время оперативной работы разговоры, не имеющие отношения к оперативной работе, не ведутся.

4.4. НАДЕЖНОСТЬ И ЖИВУЧЕСТЬ СИСТЕМЫ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ

Одним из важнейших показателей функционирования системы является надежность, под которой принято понимать свойство системы в целом или отдельных, входящих в ее состав элементов, выполнять в течение заданного времени все функции, которые определены техническими условиями на систему, при сохранении в заданных пределах всех параметров, характеризующих процесс функционирования. Надежность функционирования системы зависит от того, насколько часто возникают причины, приводящие к нарушению нормального функционирования системы (элементов). Состояние системы (элемента), при котором она полностью теряет способность выполнять заданные функции или когда любой из основных параметров, характеризующих функционирование системы, выходит за рамки пределов, установленных техническими условиями, называется отказом.

Отказы бывают внезапные, происходящие в результате необратимых процессов или дефекта в деталях элементов, составляющих систему, в результате чего внезапно и резко меняются параметры элементов и дальнейшее выполнение ими положенных

функций становится невозможным. Второй вид отказов — это постепенные, связанные с выработкой элементами ресурса (например, изменение со временем коэффициента усиления транзистора или изменение емкости конденсатора и т. п.).

Элементы, входящие в состав системы и могущие вызвать отказ, а также и вся система в целом бывают восстанавливаемыми и невосстанавливаемыми, т. е. работающими до первого отказа. Система телефонной связи в целом может быть отнесена к восстанавливаемым системам. Система телефонной связи систем управления состоит из большого количества составных элементов, обеспечивающих нормальное функционирование системы в целом. Поэтому выход из строя любого из элементов, составляющих систему, в той или иной мере влияет на процесс функционирования системы в целом. Выход из строя некоторых других элементов приводит лишь к некоторым затруднениям в эксплуатации системы, и такое состояние принято считать неисправностью системы. Чрезвычайно важно предвидеть возникновение отказа или неисправности, предупредить развитие факторов, способствующих возникновению их, а в случае их возникновения быстро восстановить нормальное функционирование системы.

Прогнозировать внезапные отказы, как правило, невозможно, так как им не предшествуют никакие заметные нарушения процесса функционирования. Постепенные отказы легко поддаются прогнозированию, так как им предшествует длительное изменение одного или нескольких параметров функционирования, которые в конечном счете выходят за пределы установленных норм.

Появление отказов в процессе функционирования восстанавливаемой системы происходит неравномерно. В соответствии с этим все время «жизни» системы можно разделить на три периода. Первый период является периодом приработки, в течение которого появляется большое количество отказов, вызываемых дефектами деталей, ошибками при сборке, монтаже и т. п. Наибольшее количество отказов приходится на первоначальную часть этого периода. К концу периода приработки количество отказов становится минимальным и, как говорят, система прирабатывается. Второй, наиболее длительный период — это период нормальной работы, в течение которого число отказов, возникающих в единицу времени, не выходит за установленную допусками величину. К концу этого периода наблюдается некоторый рост числа отказов. Третьим периодом является период износа. В течение этого периода количество отказов, появляющихся в единицу времени, неизменно растет и доходит до такой величины, что дальнейшая нормальная эксплуатация системы становится невозможной. На рис. 4.7 графически показана зависимость появления отказов от времени функционирования системы.

Надежность любой системы или элемента достаточно полно характеризуется следующими количественными показателями: вероятностью безотказной работы, интенсивностью отказов, наработ-

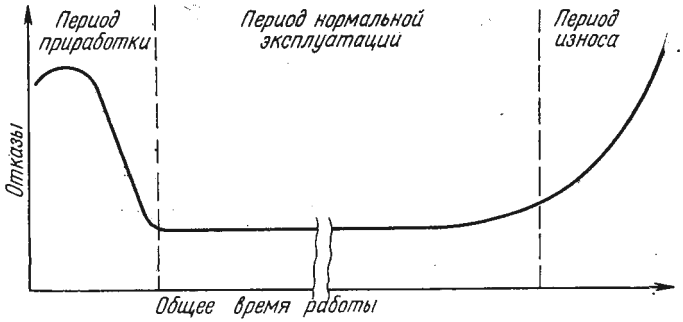


Рис. 4.7. Распределение отказов по времени

кой на один отказ, временем восстановления и временем профилактики.

Вероятность безотказной работы математически выражается экспоненциальным законом и может рассматриваться как вероятность того, что длительность промежутка времени между двумя соседними отказами не будет меньше заданной величины. Вероятность безотказной работы определяется формулой

$$p_0 = e^{-\lambda t}, \tag{4.9}$$

где p_0 — вероятность безотказной работы; λ — интенсивность отказов; t — заданное время безотказной работы.

Интенсивность отказов — среднее число отказов за единицу времени — выражается следующей формулой:

$$\lambda = N/[n(t)\,\Delta t], \tag{4.10}$$

где N — число элементов системы, вышедших из строя и вызывавших отказ за время t; $n(t)$ — количество элементов системы, работающих к моменту t.

Так как вышедший из строя элемент или деталь системы заменяется или восстанавливается, а число N значительно меньше n_0 — общего количества элементов или деталей в системе, то для практических расчетов пользуются формулой

$$\lambda = N/(n_0\,\Delta t). \tag{4.11}$$

Для сложной системы интенсивность отказов определяется как сумма частных интенсивностей отказов элементов, входящих в состав системы:

$$\lambda = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i. \tag{4.12}$$

Среднее время наработки на один отказ является величиной, обратной интенсивности отказов:

$$T_0 = 1/\lambda. \tag{4.13}$$

Временем восстановления называется промежуток времени от момента появления отказа до момента полного восстановления

функционирования системы. Время восстановления зависит от целого ряда обстоятельств, таких, как сложность аппаратуры и ее конструкция, квалификация обслуживающего персонала, условия работы и т. п., и в общем является случайной величиной.

Время профилактики обычно определяется как средняя продолжительность профилактических работ на всей системе, отнесенная к одному отказу.

Вероятность того, что система в произвольный момент времени будет готова к работе, характеризуется коэффициентом готовности, определяемым формулой

$$K_г = T_0/(T_0 + T_в), \tag{4.14}$$

где T_0 — время наработки на один отказ; $T_в$ — время восстановления.

Надежность системы зависит не только от количества элементов, входящих в состав системы и, следовательно, от частных надежностей элементов, но и от того, в какой взаимной зависимости эти элементы находятся в системе.

На рис. 4.8*а* показано последовательное соединение двух элементов системы, выполняющих одну и ту же функцию, например,

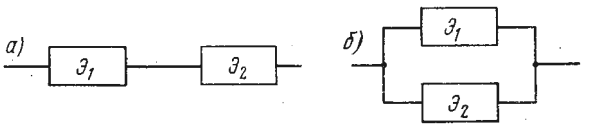


Рис. 4.8. Последовательное (*а*) и параллельное (*б*) соединения элементов

двух усилительных участков одного канала связи. Ясно, что выход из строя любого из этих элементов приводит к отказу всей системы (связь по каждому каналу нарушается при выходе из строя любого усилительного участка). На рис. 4.8*б* показано параллельное соединение элементов системы, например параллельная работа двух каналов, резервирующих друг друга, на одном участке сети связи. При таком соединении система откажет только в случае выхода из строя обоих элементов. При выходе же из строя лишь одного из элементов система продолжает работать, используя второй элемент.

На резервировании основан способ повышения надежности системы. Резервирование может осуществляться несколькими методами. Резервирование, при котором резервные установки находятся в состоянии полной готовности к тому, чтобы немедленно принять на себя нагрузку вышедшего из строя устройства, называется горячим резервом. Примером может служить резервирование, например, канала радиосвязи, когда в резервном передатчике включено питание накала и все подготовлено к включению передатчика в работу. Переход с повредившегося устройства на резервное, находящееся в состоянии горячего резерва, занимает минимальное время. Резервирование при наличии резервного устройства, находящегося во невключенном состоянии, называется холодным резервом. Переход с повредившегося устройства на резервное, находя-

щееся в холодном резерве, занимает определенное время, требуемое для приведения резервного устройства в рабочее состояние.

Надежность и живучесть системы телефонной связи систем управления обеспечивается резервированием аппаратуры, установленной в узлах связи сети, и за счет организации резервных каналов связи, обеспечивающих живучесть системы в случае выхода из строя основных каналов связи.

Способы перехода с основных устройств на резервные могут быть как ручные, так и автоматические. Чаще резервирование аппаратуры осуществляется вручную путем соответствующих манипуляций со стороны обслуживающего персонала после получения сигнала о выходе из строя того или иного устройства. Резервирование каналов связи, при наличии в каналообразующей аппаратуре устройств контроля функционирования канала, производится автоматически с выдачей соответствующего сигнала обслуживающему персоналу о необходимости принятия мер для восстановления основного канала. При отсутствии устройств, контролирующих функционирование канала, переход на резервный канал производится или непосредственно оператором, пользующимся связью, или обслуживающим персоналом по заявлению оператора о выходе из строя основного канала.

Весьма целесообразно организовать эксплуатацию основных и резервных каналов связи так, чтобы резервные каналы, находящиеся в состоянии горячего резерва, не простаивали, а использовались для связи, имеющей второстепенное значение (рис. 4.9).

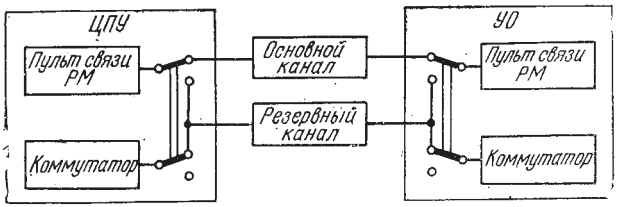


Рис. 4.9. Вариант использования основного и резервного каналов связи

При нормальной работе основной канал телефонной оперативной связи включен между пультами операторов ЦПУ и УО. Резервный канал в это время включен между коммутаторами этих объектов. При выходе из строя основного канала вместо него на рабочие места включается резервный канал, а коммутаторы на время восстановления основного канала остаются без прямой связи. Такая организация эксплуатации основных и резервных каналов связи целесообразна еще и тем, что резервный канал, находясь в работе, непрерывно проверяется, и поэтому не может иметь место такое положение, когда резервный канал при необходимости заменить основной оказался бы в нерабочем состоянии.

Структура построения сети телефонной связи также имеет большое значение в обеспечении живучести системы. Структура, не обеспечивающая обходные соединения, обладает наименьшей

живучестью. К таким структурам относится радиальная система, требующая для обеспечения живучести 100-процентный резерв. Наибольшей живучестью обладает петлевая структура построения сети. В самом существе петлевой системы заложен 100-процентный резерв, так как к каждому управляемому объекту обеспечен подход каналов с двух сторон. Таким образом, даже выход из строя хотя бы одного направления не лишает связи управляемых объектов, что делает ненужным построение специальной сети резервных каналов.

4.5. ДИНАМИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТРУКТУРОЙ СЕТИ

Часто в процессе эксплуатации оперативной телефонной связи со всей остротой встает вопрос о необходимости иметь возможность временного изменения структуры сети связи. Это вызывается тем обстоятельством, что, как правило, сеть оперативной телефонной связи не имеет достаточных резервов для удовлетворения резко изменяющейся телефонной нагрузки. Как уже говорилось, возможны такие ситуации, когда в одном направлении телефонная нагрузка резко возросла и ощущается нехватка каналов связи, в то время как в других направлениях нагрузка минимальная и имеются простаивающие каналы.

Возможность изменения структуры сети телефонной связи в процессе эксплуатации без выполнения трудоемких и капитальных работ, например, по изменению кроссировки для использования свободных каналов связи, взятых с недогруженных направлений, для пропуска возрастающей нагрузки на перегруженных в данное время направлениях, получила название динамического управления структурой сети. Принцип осуществления динамического управления структурой сети подробно рассмотрен в § 5.4.

ГЛАВА ПЯТАЯ

Коммутация трактов телефонной связи систем управления

5.1. ВИДЫ КОММУТАЦИИ

Любой канал связи, позволяющий вести обмен информацией, в том числе и речевой, проходит через ряд промежуточных пунктов, где осуществляется та или иная коммутация, обеспечивающая образование каналов связи между оконечными пунктами.

На оконечных пунктах также производится коммутация каналов связи, назначение которой подключить канал связи, образованный между двумя оконечными пунктами, к переговорным устройствам рабочих мест операторов.

На промежуточных пунктах, назначение которых обеспечить требуемую дальность действия каналов связи, имеется всего два направления: одно, идущее от пункта *А*, и второе, уходящее к пункту *Б*.

На таких промежуточных пунктах устанавливается промежуточная каналообразующая аппаратура (промежуточные нч или вч усилители), в некоторых случаях производится переприем, и вся коммутация каналов сводится лишь к подключению линий связи к каналообразующей аппаратуре. Коммутация, как правило, является постоянной, не меняющейся в процессе эксплуатации, за исключением аварийных ситуаций, когда для восстановления поврежденного канала требуется выполнить какие-то переключения.

На узловых промежуточных пунктах, в которых сходятся три и более направлений связи, кроме каналообразующей аппаратуры, устанавливается коммутационное оборудование, позволяющее осуществлять распределение каналов связи по направлениям в соответствии со схемой построения сети связи систем управления.

Коммутацию, выполняемую на узловых промежуточных пунктах, принято называть промежуточной коммутацией. Коммутация, осуществляемая на оконечных пунктах, называется оконечной. Узлы, на которых осуществляется коммутация, принято называть коммутационными узлами. Промежуточная и оконечная коммутация может быть постоянной, т. е. не меняющейся в процессе эксплуатации, или переменной, когда в процессе установления соединения происходит изменение коммутации.

Коммутация может быть ручной или автоматической и с местным или дистанционным управлением.

5.2. КОММУТАЦИЯ ТРАКТОВ НА КОММУТАЦИОННЫХ УЗЛАХ

Постоянная коммутация трактов на коммутационных узлах (как промежуточных, так и оконечных) осуществляется путем использования различных промежуточных коробок, промежуточных щитов переключения, кроссов и некоторых других подобных устройств. В составе последних имеются рамки со штифтами, на которых с одной стороны распаиваются кабели, идущие от каналообразующей аппаратуры (КОА), а с другой — кроссировочные шнуры, при помощи которых каналы распределяются по направлениям в соответствии со схемой построения сети связи. Принцип такой коммутации (рис. 5.1) не позволяет оперативно изменять

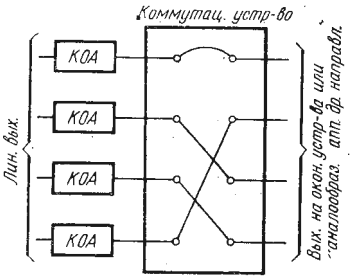


Рис. 5.1. Принцип постоянной коммутации

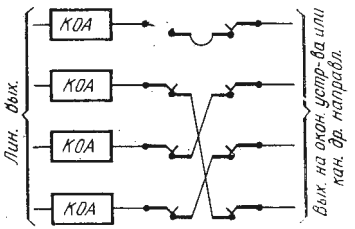


Рис. 5.2. Шнуровой коммутатор

схему коммутации, так как все изменения связаны с паечными работами, требующими определенной затраты времени. Структура сети получается статической.

Переменная коммутация осуществляется путем использования специальных устройств, позволяющих изменять схему коммутации, не прибегая к паечным работам. На рис. 5.2 показан принцип работы шнурового коммутатора, состоящего из панели с гнездами, к которым подключаются каналы связи. Эти гнезда могут соединяться между собой в любом сочетании посредством шнуровых пар. В процессе эксплуатации при помощи такого коммутационного устройства можно весьма оперативно осуществлять перераспределение каналов связи между направлениями (на рис. 5.2 и на последующих рисунках тракты условно изображены однопроводными).

На рис. 5.3*а* изображен принцип координатного бесшнурового коммутатора, состоящего из взаимно пересекающихся шин, к которым подключаются каналы связи. Вертикальные и горизонтальные шины могут соединяться между собой специальными штеккерами. На таком принципе построены получившие большое распространение коммутаторы, предназначенные для коммутации однопроводных цепей в телеграфной технике и известные под названием швейцарских коммутаторов. В настоящее время промышлен-

ностью выпускаются координатные бесшнуровые коммутаторы, позволяющие коммутировать четырехпроводные цепи (см. § 5.5).

На рис. 5.3*б* показан принцип устройства курбельного коммутатора, в котором коммутация трактов осуществляется при помощи курбелей, количество которых соответствует количеству коммутируемых каналов. Как видно из схемы, каждый канал может быть

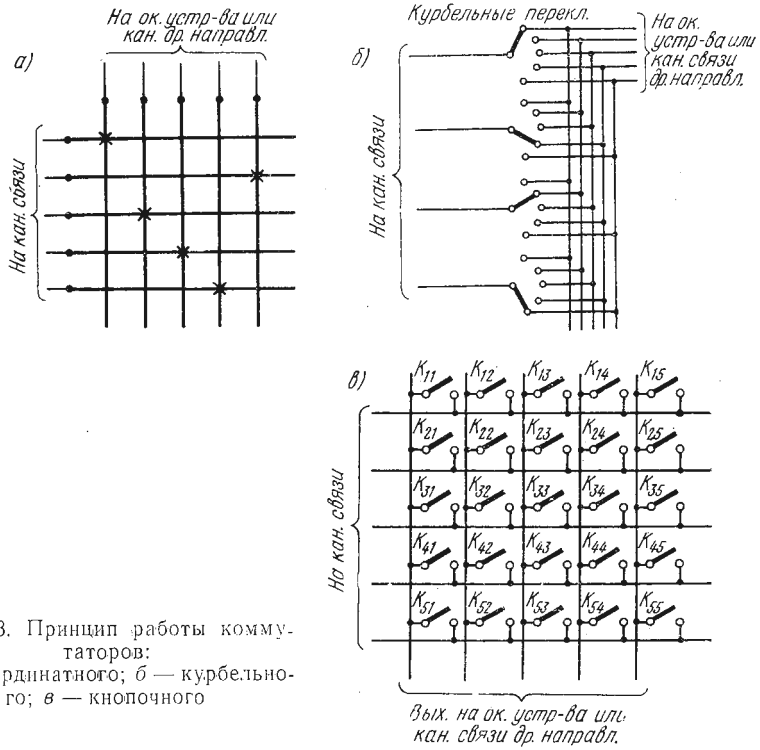


Рис. 5.3. Принцип работы коммутаторов:
а — координатного; *б* — курбельного; *в* — кнопочного

скоммутирован при помощи своего курбеля на любое направление.

На рис. 5.3*в* приведен принцип действия кнопочного коммутатора, построенного по матричному принципу. На каждом пересечении вертикали и горизонтали устанавливается кнопка, при нажатии которой происходит соединение вертикали и горизонтали.

Все перечисленные выше и подобные им коммутаторы являются коммутаторами с ручным управлением и для выполнения коммутации требуют определенных манипуляций и, следовательно, некоторой затраты времени.

В коммутаторах, позволяющих осуществлять дистанционное управление, в качестве коммутационных элементов применяются реле, шаговые искатели, многократные координатные соединители, многократные герконовые соединители. На рис. 5.4 приведена схема релейного коммутатора с дистанционным управлением, также построенная по матричному принципу. Коммутация осущест-

вляется контактами того реле, в обмотку которого подается питание. Управление работой реле коммутатора может осуществляться дистанционно с кнопочного пульта, установленного на любом расстоянии от коммутатора, при котором обеспечивается ток, достаточный для срабатывания реле. Релейный коммутатор может работать автоматически без специального пульта ручного управ-

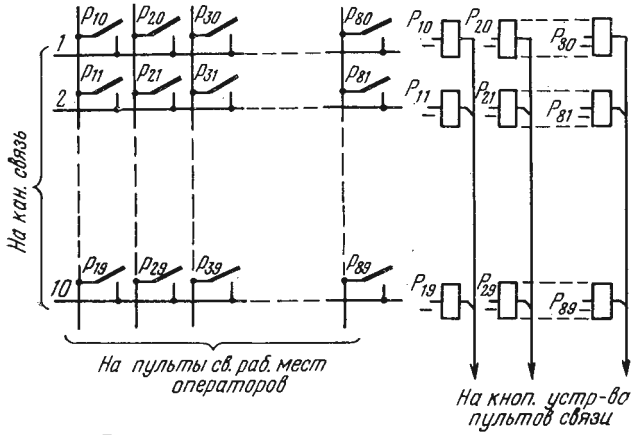


Рис. 5.4. Схема релейного коммутатора

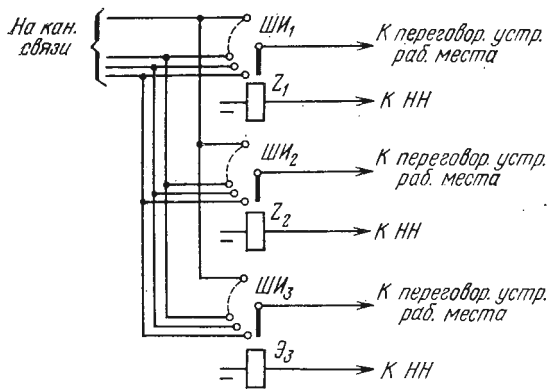


Рис. 5.5. Принцип действия коммутатора с шаговыми искателями

ления. В этом случае цепи реле образуются от замыкания контактов, предусмотренных для этой цели на пультах связи рабочих мест операторов, или в результате занятия требуемого выхода приборами АТС.

Принцип действия коммутатора с шаговыми искателями показан на рис. 5.5. Управление искателями производится номеронабирателями или специальными кнопочными устройствами, установленными на пультах связи рабочих мест операторов. В зависимости от того, как решен вопрос о подключении к занятой линии, в схеме коммутатора могут быть предусмотрены специальные пробные цепи, посредством которых определяется состояние тре-

буемой линии так же, как это делается в АТС. Если же связь организована с возможностью подключения к занятой линии, то пробные цепи практически не нужны.

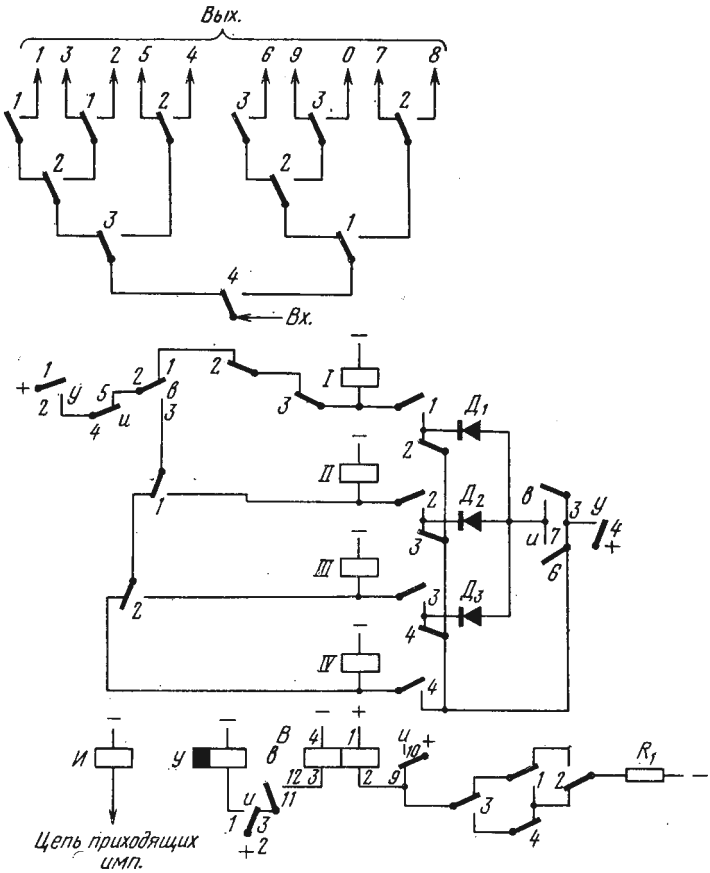


Рис. 5.6. Принципиальная схема релейного коммутатора

На рис. 5.6 приведена схема релейного коммутатора, управляемого номеронабирателем и рассчитанного на коммутацию 10 выходов. При занятии коммутатора срабатывает реле *И*, которое замыкает свой контакт *1—2*, отчего срабатывает реле *У*. Реле *У*, будучи замедленным, удерживает свой якорь притянутым, когда реле *И* будет пульсировать. Импульсное реле *И* принимает импульсы набора от номеронабирателя. При первом импульсе реле *И* отпускает якорь, при этом замыкается его контакт *4—5*, в результате чего срабатывает реле *I* и блокируется через контакт *1*. По окончании первого импульса снова срабатывает реле *И*. От размыкания контакта *9—10* реле *И* снимается шунт обмотки *1—2* реле *В*, которое срабатывает, блокируется контактами $в_{11-12}$ и подго-

тавливает цепь реле *II* контактами $в_{2-3}$. При следующем импульсе реле *И* отпускает якорь и от замыкания контакта $и_{4-5}$ срабатывает реле *II* и блокируется контактом *2*. По окончании второго импульса от размыкания контакта $и_{2-3}$ реле *В* опускает якорь. Теперь реле *I* удерживает свой якорь притянутым по цепи: контакт *1*, диод $Д_1$, контакты $и_{7-6}$ и $у_{3-4}$, плюс. При третьем импульсе контакт $и_{6-7}$ разомкнется и реле *I* отпустит якорь. Реле *II* продолжает работать и снова срабатывает реле *В*. При четвертом импульсе срабатывает реле *III* и блокируется своим контактом *3*. Реле *В* отпускает якорь. При пятом импульсе отпускает якорь реле *II* и вновь срабатывает реле *В* и т. д.

На рис. 5.7 графически показана работа реле этой схемы. Сплошной линией показан период работы реле. Из рисунка вид-

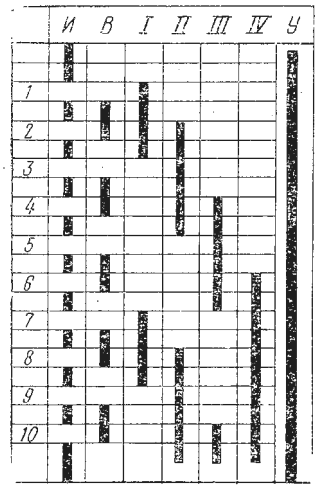


Рис. 5.7. График работы реле релейного коммутатора

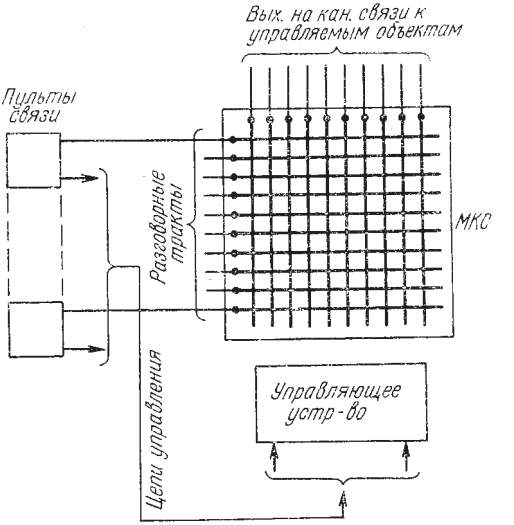


Рис 5.8. Принцип использования многократных координатных соединителей

но, что после первого импульса работает реле *I*, после второго работают реле *I* и *II*, после третьего — реле *II*, после четвертого — реле *II* и *III*, после пятого — реле *III*, после шестого — реле *III* и *IV*, после седьмого — реле *I* и *IV*, после восьмого — реле *I*, *II* и *IV*, после девятого — реле *II* и *IV* и после десятого — реле *II*, *III* и *IV*.

Реле *В* играет вспомогательную роль: его работа обеспечивает последовательность счетных реле. Реле *У* срабатывает вслед за реле *И* и, будучи замедленным, удерживает якорь притянутым в течение всего цикла работы схемы.

Принцип использования многократных координатных соединителей показан на рис. 5.8.

Для получения требуемого соединения необходимо, чтобы сработали электромагниты соответствующих вертикали и горизонта-

ли. Для управления работой электромагнитов требуется иметь управляющее устройство, которое в соответствии с набранным номером включает необходимые электромагниты. Многократный координатный соединитель по принципу работы близок к схеме релейного коммутатора (см. рис. 5.4).

5.3. КОММУТАЦИЯ ТРАКТОВ НА ПУЛЬТАХ СВЯЗИ

Коммутация трактов на пультах связи обеспечивает подключение каналов связи к переговорным устройствам. В зависимости от структуры построения сети связи и конкретных требований к организации оперативной связи способы подключения каналов связи к переговорным устройствам могут быть различными.

На рис. 5.9 приведена схема (вариант 1), при которой каналы связи распределяются по различным пультам связи. К каждому

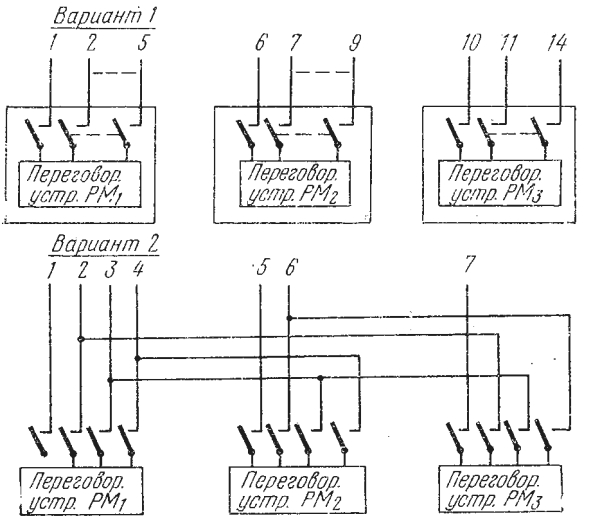


Рис. 5.9. Распределение каналов связи по рабочим местам

рабочему месту подключены только те каналы, которые закреплены за этим рабочим местом. При такой схеме с каждого рабочего места можно разговаривать только с закрепленными за этим рабочим местом абонентами.

На рис. 5.9 (вариант 2) приведена схема оконечной коммутации каналов связи, при которой некоторые каналы заведены на несколько рабочих мест параллельно. Так, например, канал № 3 заведен на 1, 2 и 3 рабочих места, причем с любого из этих рабочих мест можно подключаться к каналу № 3. При такой схеме, если операторы нескольких рабочих мест одновременно подключатся к одному и тому же каналу, разговор будет слышен одновременно на всех подключившихся к каналу рабочих местах. Естественно, что при этом слышимость ухудшается.

На рис. 5.10 приведена схема подключения каналов к нескольким рабочим местам с приоритетом по старшинству операторов. На приведенной схеме операторы пользуются приоритетом в порядке нумерации рабочих мест. Оператор рабочего места $РМ_1$ пользуется приоритетом в отношении операторов $РМ_2$ и $РМ_3$, а оператор $РМ_2$ пользуется приоритетом в отношении оператора $РМ_3$. Чтобы оператор, пользующийся приоритетом в праве на соединение, не прервал без особой необходимости переговор оператора, не имеющего приоритетного права на соединение, в схеме предусматривается сигнализация занятости канала. Как видно из схемы, при занятии канала любым оператором на всех остальных пультах связи, в которые включен данный канал, загораются лампы занятости.

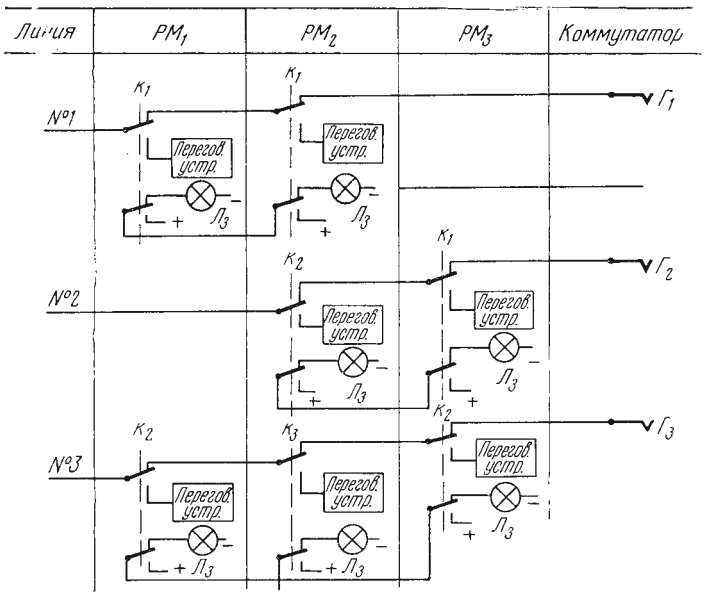


Рис. 5.10. Распределение каналов связи по рабочим местам с приоритетом

5.4. ВРЕМЕННАЯ ОПЕРАТИВНАЯ КОММУТАЦИЯ ТРАКТОВ

Этот вид коммутации, называемый также кроссовой коммутацией, позволяет изменять в процессе эксплуатации структуру построения сети связи, т. е. обеспечивает возможность динамического управления структурой сети.

Принцип динамического управления структурой сети заключается в том, что в процессе проектирования и строительства сети оперативной связи АСУ разрабатывается несколько вариантов структуры сети (обычно 2—3 в зависимости от конкретных условий и требований). Эти варианты связаны общими ком-

мутационными устройствами, которые обеспечивают оперативный переход с одного варианта структуры на другой.

Временная оперативная коммутация выполняется или вручную или автоматически специальными коммутационными устройствами с местным или дистанционным управлением. При использовании устройств с местным управлением для изменения структуры сети на все коммутационные узлы подается условный сигнал, по которому производятся все необходимые манипуляции на коммутационных узлах. При использовании коммутационных устройств с дистанционным управлением сигнал о переходе на другую структуру сети, подаваемый с ЦПУ, воспринимается на коммутационных узлах специальными приемными устройствами, которые автоматически воздействуют на коммутационные устройства, вызывают их срабатывание, в результате чего структура сети меняется.

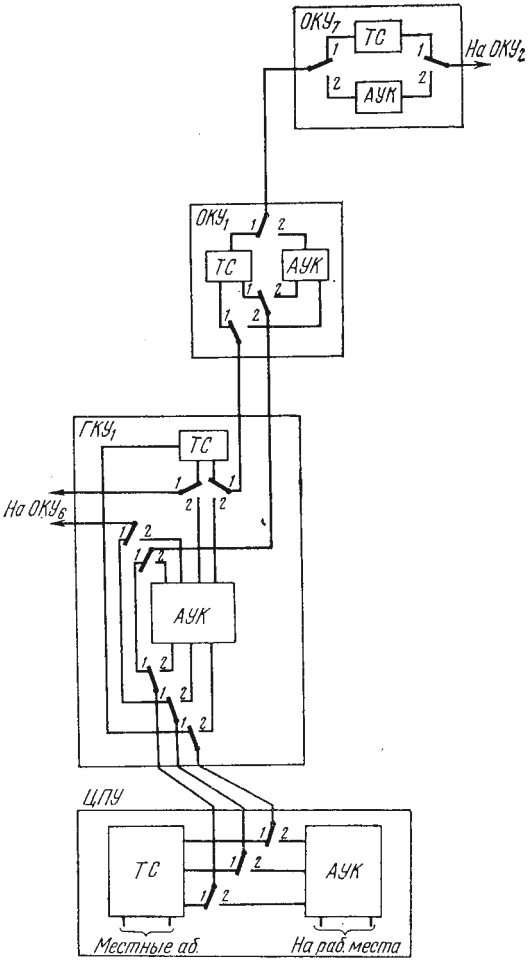


Рис. 5.11. Принцип динамического управления структурой сети связи

На рис. 5.11 приведена схема, поясняющая принцип динамического управления структурой сети. В дежурном режиме, который показан на рис. 5.11, каналы связи распределены между коммутационными узлами так, что на всех направлениях сети образуются радиальные связи между соседними коммутационными узлами. Устройства коммутации на всех узлах находятся в положении *1*, и каналы на этих узлах включены в телефонные станции ТС, что дает возможность в самых разнообразных вариантах организовывать соединения абонентов различных узлов для служебных переговоров.

При переходе на оперативную работу подается специальный сигнал, в результате чего устройства коммутации на всех узлах

переходят в положение 2. Структура сети становится петлевой, а на узлах, вместо телефонных станций, к каналам связи подключаются автоматические устройства коммутации АУК, чем обеспечивается организация сети оперативной связи для операторов системы.

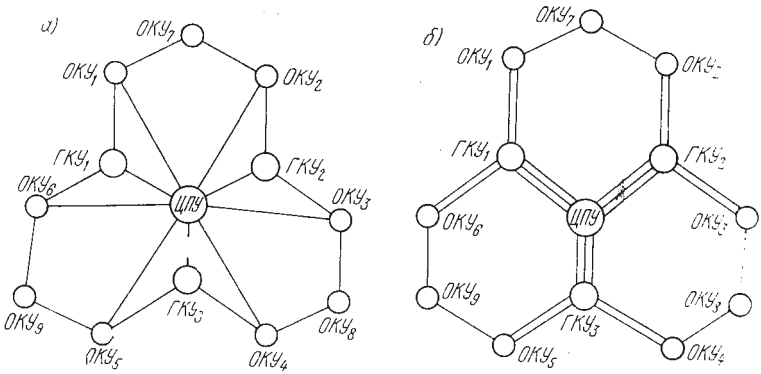


Рис. 5.12. Состояния сети при динамическом управлении структурой: *а* — в дежурном режиме; *б* — в режиме оперативной работы

На рис. 5.12 изображены оба состояния сети связи: а) в дежурном режиме и б) в режиме оперативной работы.

5.5. УСТРОЙСТВА КОММУТАЦИИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для выполнения коммутации каналов связи, с целью образования трактов обмена речевой информации, имеется большое количество различных коммутационных устройств, многие из которых широко распространены и известны.

Современное развитие техники связи, радиоэлектроники и вычислительной техники обусловлено появлением новых коммутационных устройств, многие из которых используют новейшие элементы. Такие устройства еще не получили большого распространения в технике телефонной связи, поэтому в настоящей книге основное внимание уделено именно этим малоизвестным устройствам.

Оперативность организации связи и гибкость структуры сети определяются характеристиками коммутационных устройств. Элементы, положенные в основу коммутационных устройств, определяют основные параметры, характеризующие эффективность того или иного коммутационного устройства. Эти элементы бывают механическими, электромеханическими, механоэлектронными, квазиэлектронными, электронными.

Механические коммутационные элементы приводятся в действие вручную; например, в шнуровом коммутаторе устанавливает-

ся шнуровая пара между гнездами двух коммутируемых каналов связи, или в курбельном коммутаторе поворачиваются в соответствующее положение рукоятки курбелей, или вставляется в соответствующее гнездо штекер бесшнурового коммутатора и т. д. Механические коммутационные элементы не обладают требуемой оперативностью и в современной коммутационной аппаратуре, от которой требуется высокое быстродействие, применяются редко.

Электромеханические коммутационные устройства используют такие элементы, как электромагнитное реле, шаговые искатели, многократные координатные соединители (МКС). Такие элементы обладают более высоким быстродействием и позволяют достаточно оперативно производить коммутацию каналов связи. Недостатком электромеханических коммутационных устройств является все же недостаточно высокое быстродействие, наличие движущихся при работе элемента деталей, открытый контакт и большое потребление электроэнергии.

В механоэлектронных коммутационных устройствах коммутация разговорного тракта осуществляется многократным координатным соединением или модификацией его — кодовым соединителем, а управление выполняется схемой, собранной на электронных элементах. Благодаря применению электронных элементов значительно увеличивается быстродействие, повышается надежность, уменьшаются габариты и потребление электроэнергии.

Коммутирующие устройства, в которых разговорный тракт коммутируется такими элементами, как герконы или ферриды, а управление осуществляется при помощи электронных элементов, получили название квазиэлектронных коммутационных устройств. Герконы и ферриды имеют чрезвычайно высокое быстродействие (порядка 1—2 мс), герметизированный контакт, изолированный от внешнего климатического воздействия, высокую надежность (гарантируется 10^8—10^9 срабатываний), не требуют периодического обслуживания в эксплуатации, весьма экономичны в потреблении электроэнергии (ферриды могут находиться в рабочем состоянии, вовсе не потребляя электроэнергии).

В электронных коммутационных устройствах используются только электронные элементы. Их использование для коммутации разговорного тракта связано с рядом трудностей. Основная трудность заключается в том, что электронный контакт существенно уступает механическим контактам по таким параметрам, как стабильность, уровень собственных шумов, возникновение паразитных эдс, сравнительно низкое переходное затухание между двумя соединенными трактами, низкий коэффициент коммутации. Под коэффициентом коммутации понимается отношение проводимости закрытого контакта к проводимости открытого $K = G_{закр}/G_{откр}$. Применение временно́го разделения разговорных трактов при электронной коммутации в известной степени улучшает параметры электронных коммутирующих устройств, однако коммутирующие устройства с временным разделением разговорных трактов не сопрягаются с существующими устройствами коммутации с про-

странственным разделением трактов, что существенно ограничивает область их применения. Все сказанное дает основание считать, что в ближайшее время получат большое распространение квазиэлектронные коммутирующие устройства.

Все элементы квазиэлектронной коммутационной техники допускают использование последних достижений в области конструкций и монтажа электронной аппаратуры с использованием навесных элементов, микромодулей, интегральных элементов, печатного монтажа. Навесные элементы характеризуются универсальным назначением, индивидуальными выводами элементов и индивидуальной защитой от различных воздействий. Микромодульные элементы позволяют создавать функциональные узлы, имеющие групповую защиту от механических и климатических воздействий. Отдельные элементы узла не имеют внешних выводов; выходы имеются только от входных и выходных точек всего функционального узла и от точек подключения питания к узлу. Микромодульные элементы могут использоваться только в составе целого функционального узла. Интегральный элемент представляет собой функциональный узел, в котором нет отдельно изготовляемых элементов. Все элементы узла изготовляются одновременно в общем для всего узла технологическом процессе, по единой, для узла в целом, технологии, в результате которой создается функциональный узел. Отдельные элементы узла не имеют между собой четких пространственных границ. Выводы делают от определенных функционально необходимых точек узла. Параметры элементов обеспечиваются технологией изготовления узла и зависят от специфики его функционального назначения. Защита от механических и климатических воздействий осуществляется так же для всего узла в целом.

Интегральные элементы (точнее, интегральные функциональные узлы) бывают твердыми (полупроводниковыми), пленочными и гибридными. Твердые элементы образуются путем применения определенной технологии обработки исходного монолитного полупроводникового материала (кремния или германия), в результате чего в монокристале кремния или германия образуются зоны с различными электрическими свойствами, соответствующими требованиям к элементам функционального узла. Пленочные интегральные элементы образуются путем нанесения на диэлектрическую основу в виде пленки материалов с различными диэлектрическими свойствами. Таким образом создаются, например, резисторные матрицы развязывающих устройств разговорных трактов, образуя законченный функциональный узел весьма малых габаритов. Гибридные интегральные схемы представляют собой комбинацию твердых и пленочных схем.

В настоящее время отечественная промышленность выпускает довольно большое количество интегральных элементов, а также несколько видов магнитоуправляемых контактов, обеспечивающих возможность комплексной миниатюризации на базе интегральной электроники.

БЕСШНУРОВОЙ КООРДИНАТНЫЙ КОММУТАТОР

Бесшнуровой координатный коммутатор [12], серийный выпуск которого освоен промышленностью, представляет собой разновидность швейцарского коммутатора и обеспечивает коммутацию четырехпроводных трактов.

Промышленностью выпускаются коммутаторы, конструктивно совмещенные с комплектами линейной защиты и рассчитанные на коммутацию 50×50 и 10×15 четырехпроводных трактов. Принцип

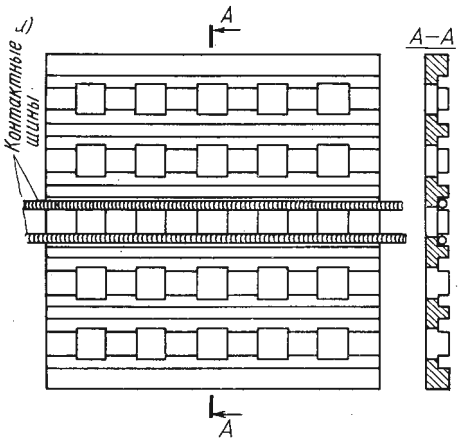
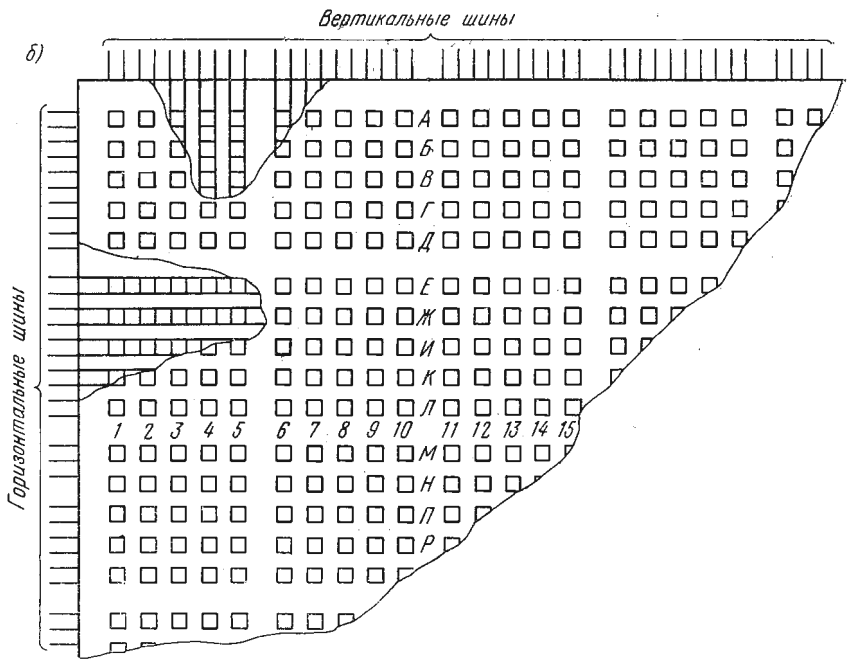


Рис. 5.13. Бесшнуровой коммутатор:
а — ячейка; *б* — часть коммутационного поля



устройства таких коммутаторов заключается в следующем. Коммутационное поле коммутатора представляет собой многослойную матрицу и состоит из набора пластмассовых ячеек (рис. 5.13*а*), имеющих 10 продольных пазов и 25 (5×5) квадратных отверстий. Из таких ячеек набирается секция поля. Количество ячеек в секции зависит от емкости коммутатора. Так, например, для получения секции коммутатора емкостью 25×25 четырехпроводных линий производят двухслойный набор по 25 ячеек в каждом слое. В образовавшиеся сквозные пазы, вертикальные в одном слое и горизонтальные в другом, закладывают контактные струнные шины, представляющие собой тонкий многожильный канатик с намотанной на него спиралью из посеребренной проволоки, через которые осуществляется контакт при коммутации.

На рис. 5.13*б* показана часть секции коммутационного поля емкостью 25×25 линий, а также расположение вертикальных и горизонтальных струн, заложенных в пазы (см. вырезы на рисунке). Квадратные отверстия слоев совпадают, образуя сквозное квадратное гнездо, предназначенное для вставления штекера, осуществляющего коммутационное соединение вертикальных струн с горизонтальными. По сторонам этого гнезда в двух смежных параллельных плоскостях, отстоящих друг от друга на толщину ячейки, расположены вертикальные и горизонтальные контактные шины.

Для образования емкости 50×50 линий собираются две секции емкостью 25×25 каждая и накладываются одна на другую. Собранное таким образом поле стягивается болтами между двух пластмассовых пластин, имеющих по 625 квадратных отверстий каждая.

Для коммутации трактов применяется штекер, представляющий собой пластмассовый стержень квадратного сечения по размеру гнезда поля с контактами ламелями, укрепленными на этом стержне. При вставлении такого штекера в гнездо его контактные ламели замыкают попарно вертикальные и горизонтальные шины,

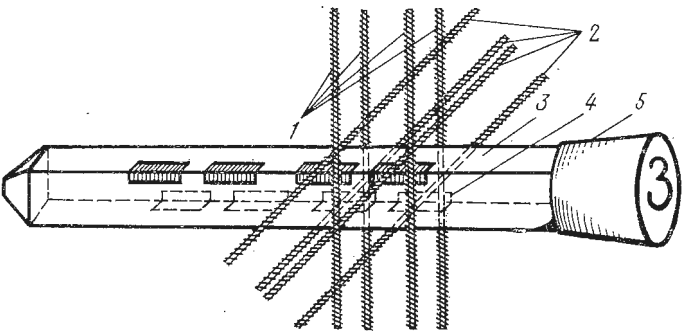


Рис. 5.14. Образование контактов в бесшнуровом коммутаторе:

1 — вертикальные контактные струны; *2* — то же, горизонтальные; *3* — стержень штекера с ламелями; *4* — контактные ламели; *5* — головка штекера (цифра 3 на головке обозначает тип штекера)

расположенные в соседних слоях секции поля по сторонам отверстия, в которое вставлен штекер.

На рис. 5.14 показано образование контактов между вертикальными и горизонтальными струнами поля при вставленном в гнездо штекере. Штекер, показанный на рис. 5.14, коммутирует одновременно горизонтальные с вертикальными шины первой секции и горизонтальные с вертикальными шины второй секции. Таким образом одним штекером коммутируются одновременно два четырехпроводных тракта.

Для различных вариантов коммутации имеется несколько типов штекеров, у которых контактные ламели расположены по-разному. В некоторых штекерах имеется внутренний монтаж, соединяющий контактные панели в соответствии с выполняемым соединением.

Для подключения различных внешних приборов (например, измерительных) имеются штекеры с подключенным четырехжильным шнуром.

Общий вид бесшнурового координатного коммутатора емкостью 50×50 линий показан на рис. 5.15. Сам коммутатор и устройство

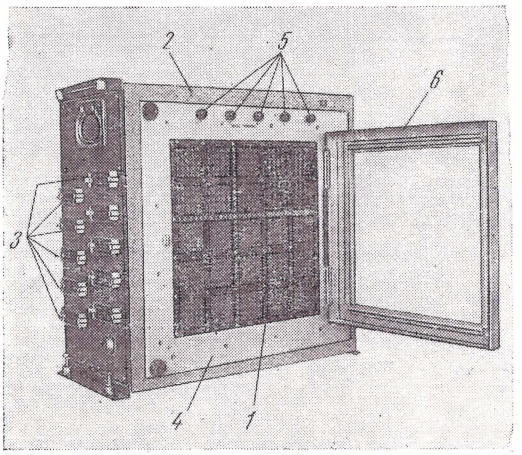


Рис. 5.15. Устройство бесшнурового коммутатора:
1 — коммутатор; 2 — корпус; 3 — колодки разъемов; 4 — дверца; 5 — сигнальные лампочки; 6 — крышка

защиты смонтированы в металлическом корпусе. На боковых стенках корпуса размещены колодки разъемов для подключения внешних кабелей. Для доступа к деталям, смонтированным внутри корпуса, передняя панель сделана на петлях и может открываться. В верхней части блока размещены сигнальные лампы, обеспечивающие сигнализацию о срабатывании устройств защиты. Для защиты коммутационного поля коммутатора от пыли и случайных повреждений оно закрывается крышкой с окном из органического стекла. Размеры коммутатора 50×50 линий — 750×600×300 мм, масса — около 50 кг.

МНОГОКРАТНЫЙ КООРДИНАТНЫЙ СОЕДИНИТЕЛЬ

Многократный координатный соединитель (МКС) пришел на смену декадно-шаговым искателям и в последнее время получил широкое распространение в различных типах АТС. Большие коммутационные возможности МКС позволяют весьма успешно использовать его для коммутации трактов оперативной связи.

Принцип действия МКС показан на рис. 5.16. Электромагнитный механический привод МКС состоит из ряда шин: горизон-

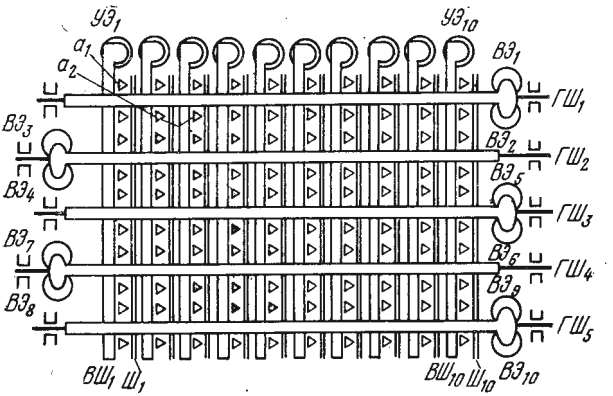


Рис. 5.16. Принцип действия многократного координатного соединителя

тальных $ГШ_1$—$ГШ_5$ и вертикальных $ВШ_1$—$ВШ_{10}$. Каждая горизонтальная шина связана с двумя выбирающими электромагнитами $ВЭ_1$—$ВЭ_2$ и $ВЭ_3$—$ВЭ_4$ и т. д. Под действием любого из этих электромагнитов соответствующая шина может поворачиваться на определенный угол в одну или другую сторону, вокруг продольной оси. Каждая вертикальная шина связана с одним удерживающим электромагнитом $УЭ_1$—$УЭ_{10}$, под действием которого также может поворачиваться вокруг своей продольной оси на определенный угол.

Вертикальные и горизонтальные шины механически воздействуют на контактную систему, состоящую из вертикальных контактных шин $Ш_1$—$Ш_{10}$ и контактов.

Каждый контакт любого вертикального ряда *1—10* может соединяться с соответствующей вертикальной контактной шиной $ВШ_1$—$ВШ_{10}$. Для этого необходимо, чтобы притянул якорь один из электромагнитов $ВЭ_1$—$ВЭ_{10}$ и один из электромагнитов $УЭ_1$—$УЭ_3$ данной вертикальной секции. Так, например, если сработают электромагниты $ВЭ_1$ и $УЭ_1$, то замкнется контакт a_1 с шиной $Ш_1$, если же сработают электромагниты $ВЭ_2$ и $УЭ_3$, замкнется контакт a_2 с шиной $Ш_3$ и т. д.

Рисунок 5.16 поясняет принцип действия многократного координатного соединения несколько упрощенно. Контактная система МКС может быть выполнена в виде отдельных контактных пру-

жин, напоминающих по своей конструкции контактные пружины реле, или в виде специальных контактных струн.

На рис. 5.17 показан принцип действия переключающего механизма МКС с контактными пружинами. Каждый вертикальный блок имеет необходимое количество контактных пружин. На рис. 5.17 показаны только две пары контактных пружин — a_1b_1 и a_2b_2,

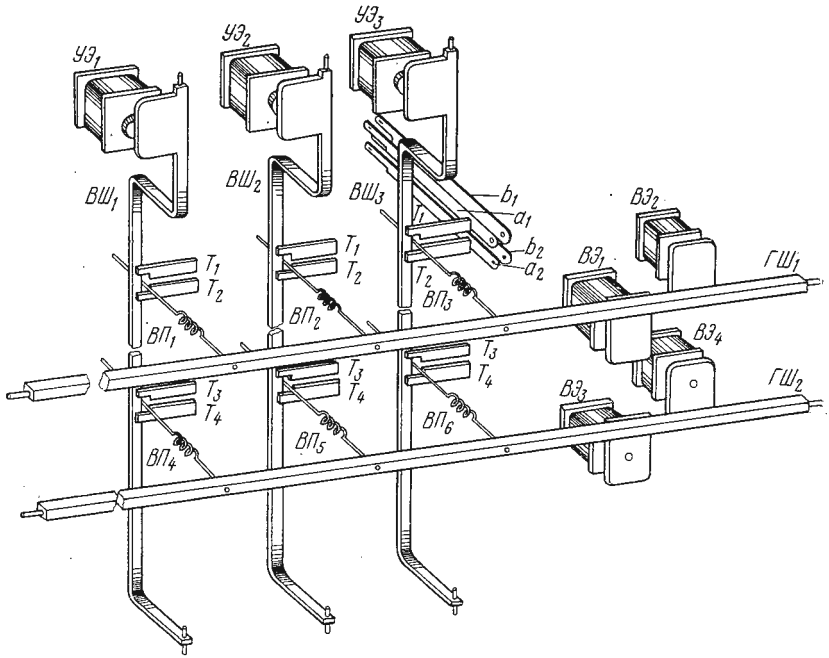


Рис. 5.17. Принцип действия переключающего механизма МКС

на самом деле число пружин в каждой группе значительно больше. Остальные контактные группы этого ряда, а также группы остальных горизонтальных рядов на рисунке не показаны.

Чтобы контакты одной из контактных групп какого-нибудь ряда, например контакты a_1 и b_1, замкнулись, необходимо, чтобы толкатель T_1 переместился вправо и тем самым прижал контактную пружину a_1 к контактной пружине b_1. Перемещение толкателя осуществляется в результате срабатывания одного из выбирающих электромагнитов и последующего срабатывания одного из удерживающих.

При срабатывании выбирающего электромагнита, например $ВЭ_1$, горизонтальная шина $ГШ_1$ поворачивается на некоторый угол, вследствие чего все выбирающие пальцы (на рис. 5.17 показаны только три пальца — $ВП_1$—$ВП_3$) поднимутся вверх и прижмутся к верхним толкателям T_1. При срабатывании удерживающего электромагнита, например $УЭ_3$, выбирающий палец $ВП_3$ защемляется между вертикальной шиной $ВШ_3$ и толкателем T_1, перемещая по-

следний вправо. В результате этого контактная пружина a_1 перемещается вправо и замыкается с контактной пружиной b_1. После срабатывания удерживающего электромагнита $УЭ_1$, выбирающий электромагнит $ВЭ_1$ отпускает якорь и горизонтальная шина $ГШ_1$ возвращается в исходное положение. Все выбирающие пальцы этой горизонтальной шины также возвратятся в исходное положение, за исключением $ВП_1$, который останется в рабочем положении, будучи прижат вертикальной шиной $ВШ_1$ к толкателю $Т_1$.

Отличительной особенностью многократного координатного соединителя является то, что сам по себе МКС не может выполнять функций, аналогичных функциям, например, декадно-шагового искателя. Для его коммутационных функций требуется наличие логического устройства, которое бы управляло работой выбирающих и удерживающих электромагнитов. В современных коммутационных схемах управляющее устройство к МКС делается на электронных элементах, что значительно повышает его быстродействие и увеличивает надежность.

МАГНИТОУПРАВЛЯЕМЫЕ ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫЕ КОНТАКТЫ (ГЕРКОНЫ)

Магнитоуправляемые герметизированные контакты (герконы) получили большое распространение в устройствах, коммутирующих разговорные тракты.

В совокупности с электронным элементами управления герконы позволяют получить квазиэлектронное коммутирующее устройство по своим эксплуатационным характеристикам (в особенности по быстродействию и надежности), близкое к чисто электронным устройствам.

На рис. 5.18*а* показано устройство геркона. В стеклянной колбе *1* заварены два язычковых контакта *2* с позолоченными конца-

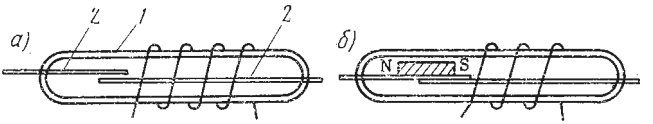


Рис. 5.18. Герконы, работающие на:
а — замыкание; *б* — размыкание

ми, изготовленные из магнитного материала, например железоникелевого сплава. Колба наполнена инертным газом.

Если геркон поместить в магнитное поле, то контакты приобретают магнитные свойства и, притягиваясь друг к другу, замыкают позолоченные контакты.

Герконовое реле может работать на замыкание (рис. 5.18*а*) или размыкание (рис. 5.18*б*). Язычковые контакты расположены так, что позолоченные концы их перекрывают друг друга. Герконовое реле, работающее на размыкание, имеет постоянный магнит, который в исходном состоянии, когда обмотка реле не получает пи-

тания, намагничивает контактные пластины, в результате чего контакт замыкается. Когда по обмотке реле проходит ток, направление его выбирается таким, чтобы постоянный магнит размагнитился, в результате чего размагнитятся и контактные пластины, которые займут свое исходное положение, и контакт окажется разомкнутым.

На рис. 5.19 показан принцип устройства геркона, работающего на переключение.

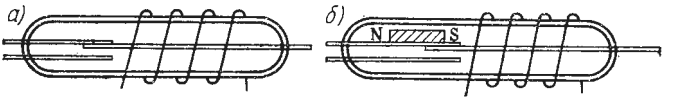


Рис. 5.19. Геркон, работающий на переключение:
а — неполяризованный; *б* — поляризованный

Основное отличие герконового реле от обычного электромагнитного в том, что магнитное поле герконового реле воздействует непосредственно на контактные пластины, в то время как в электромагнитном реле магнитное поле воздействует на контактные пластины через некоторое промежуточное механическое звено—якорь и толкатели. Отсутствие промежуточного механического звена в герконовом реле обеспечивает его высокое быстродействие.

Одним из положительных качеств герконов является низкое сопротивление контакта (0,03—0,1 Ом) и высокое сопротивление изоляции контактов (не меньше 10^3 Ом). Эти параметры обеспечивают высокий коэффициент коммутации, во много раз превосходящий коэффициент коммутации электромагнитного реле. Срок службы геркона при малых коммутируемых токах составляет 10^8—10^9 срабатываний.

Герконовое реле является незаменимым коммутационным элементом разговорных трактов и высокочастотных цепей.

Разновидностью герконового реле является реле с памятью, получившее название феррид и представляющее собой комбинацию герметизированного контакта и электромагнита с ферритовым сердечником. На рис. 5.20 показан принцип устройства феррида. Фер-

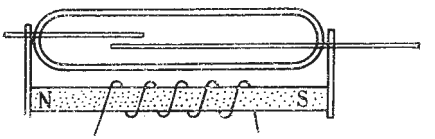


Рис. 5.20. Принцип устройства феррида

рид срабатывает от импульса тока в 10—15 мкс. От такого импульса намагничивается ферритовый сердечник, а от него и контактные пластины, в результате чего контакты замыкаются и остаются в таком состоянии неограниченное время. Для размыкания контактов необходимо пропустить по обмотке электромагнита импульс тока обратной полярности, от которого сердечник электромагнита размагнитится и контакты разомкнутся. Ферриды в рабо-

Таблица 5.1

Параметр	Величина параметра для реле	
	миниатюрного	нормального
Размер баллона геркона, мм:		
диаметр	3—3,5	4—5
длина	20—22	35—40
Размер пластин, мм:		
толщина	0,2	0,5
ширина	1,0—1,2	2,0
длина	7—8	20
Воздушный зазор между контактами, мм	0,1	0,15—0,3
Масса геркона, г	0,3—0,4	2—3
Размеры герконового реле, мм:		
диаметр	8—15	14—20
длина	22—40	40—80
Масса реле, г	5,20	10—45
Электрические параметры:		
ампервитки срабатывания,	20—100	60—150
ампервитки отпускания,	10—30	20—60
потребляемая мощность, Вт	0,02—0,15	0,05—0,25
время срабатывания, мс	0,5—1,0	1,0—2,0
время отпускания, мс	0,1—0,3	0,3—0,5
коммутируемый ток, А	0,25	1,0
коммутируемое напряжение, В	150—200	250
межконтактная емкость, пФ	0,2—0,5	1,0

чем состоянии не потребуют электроэнергии, что является весьма важным их качеством.

В табл. 5.1 приведены основные характеристики одного из видов герконового реле, имеющего один контакт, работающий на замыкание [18].

ГЛАВА ШЕСТАЯ

Управление устройствами коммутации

6.1. МЕСТНОЕ И ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Коммутация может быть ручной или автоматической, с местным или дистанционным управлением.

Ручной коммутацией принято называть такой вид коммутации, для выполнения которого необходимо воздействовать на органы управления коммутирующим устройством: например, соединить шнуровой парой гнезда коммутирующих каналов на шнуровом коммутаторе или переставить штекер в бесшнуровом коммутаторе, или повернуть рукоятку в курбельном коммутаторе и т. п. Все эти и подобные им манипуляции производятся непосредственно на коммутирующем устройстве и, следовательно, могут быть отнесены к категории местного управления.

Ручное управление коммутационными устройствами может быть и дистанционным (рис. 6.1). Коммутирующие устройства

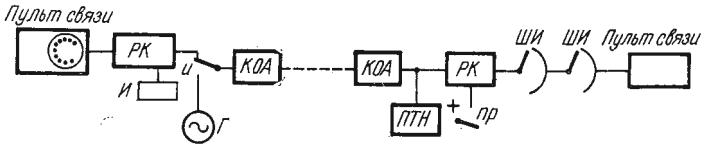


Рис. 6.1. Дистанционное управление коммутационными устройствами

(например, шаговый искатель) управляются по каналу связи и могут находиться на большом расстоянии от управляющего оператора. Управление осуществляется путем манипуляции номеронабирателем или другим аналогичным устройством на пульте управления. В результате этого по каналу связи в такт импульсам номеронабирателя передаются импульсы тока тональной частоты в полосе разговорного спектра, от генератора $Г_1$. Эти импульсы принимаются в управляемом пункте специальным устройством, принимающим импульсы тока тональной частоты и преобразующим их в импульсы постоянного тока. Импульсы постоянного тока воздействуют на электромагнитный шаговый искатель, который и выполняет требуемую коммутацию. Возможны и другие варианты дистанционного ручного управления различными коммутирующими устройствами.

Ручная коммутация не обладает большой оперативностью, требует определенной затраты времени и поэтому применяется в та-

ких системах, в которых вся коммутация в основном выполняется заранее или в самом начале оперативной работы.

В процессе же всей оперативной работы каналы связи остаются скоммутированными, и только в случае особой необходимости коммутация каналов может быть изменена, однако на это требуется некоторая затрата времени. Операторы, по мере надобности, подключаются к скоммутированным каналам связи, пользуясь пультами связи на своих рабочих местах.

Автоматическая коммутация, как правило, осуществляется в процессе установления соединения; при этом оператору никаких дополнительных манипуляций производить не требуется.

Характерным примером такого вида коммутации является коммутация при установлении соединения между двумя абонентами на сети дальней автоматической связи. Рассмотрим этот процесс по схеме, приведенной на рис. 6.2. Коммутация разговорного тракта

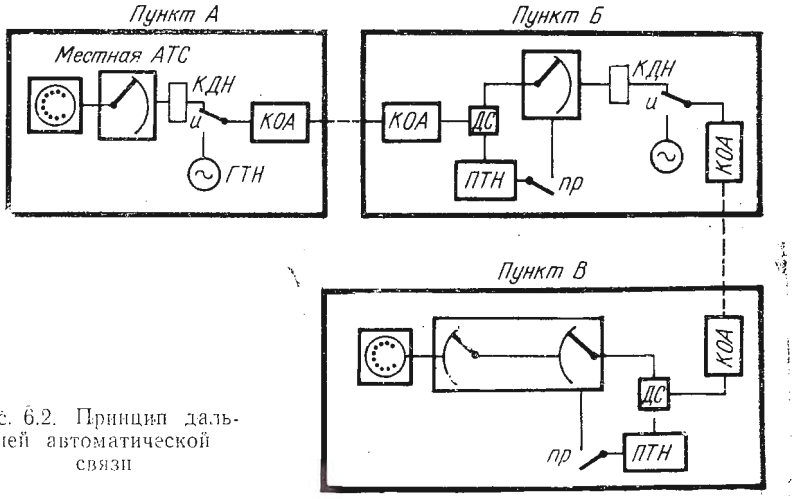


Рис. 6.2. Принцип дальней автоматической связи

осуществляется последовательно, по мере установления соединения. Первый цикл коммутации происходит на местной АТС в пункте *А*. Чтобы выйти на канал дальней связи, абонент должен набрать на своем телефонном аппарате номер, определяющий этот выход. Число знаков, которые должен набрать абонент, зависит от емкости и структуры сети дальней автоматической связи. В результате произведенного набора приборы местной АТС пункта А соединяют аппарат абонента со свободным выходом на требуемое направление.

Дальнейший набор номера осуществляется через комплект дальнего набора КДН, который преобразует импульсы постоянного тока, создаваемые номеронабирателем или кнопочным наборным устройством аппарата абонента и транслируемые приборами АТС в комплект дальнего набора, в импульсы тока тональной частоты, вырабатываемого генератором тонального набора ГТН, и передает их в канал связи, образованный каналообразующей аппаратурой КОА между пунктами *А* и *Б*.

На противоположном конце канала в пункте *Б* в тракт включен приемник тонального набора ПТН, принимающий импульсы тока тональной частоты и преобразующий их в импульсы постоянного тока. Эти импульсы воздействуют на искатели пункта *Б*, которые устанавливают требуемые соединения, осуществляя второй цикл коммутации. На рис. 6.2 показано такое соединение, при котором пункт *Б* является транзитным пунктом на пути соединения абонентов пунктов *А* и *В*.

Следующий, третий, этап коммутации происходит в пункте *В*. Импульсы набора из пункта *А* передаются в пункт *Б* комплектами КДН пункта *А*. В пункте *Б* эти импульсы передаются дальше по каналу связи в пункт В, где принимаются приемником тонального набора ПТН, преобразующим их в импульсы постоянного тока. Посредством этих импульсов осуществляется управление искателями АТС пункта *В*, заканчивающими процесс соединения с требуемым абонентом.

Приведенная на рис. 6.2 схема принципа дистанционной коммутации является схемой, в которой каждым этапом коммутации управляет непосредственно абонент путем манипуляции на своем номеронабирателе.

Другим вариантом дистанционной коммутации является регистровая система дальнего набора, в которой процессом дистанционной коммутации канала управляют особые устройства, принимающие и регистрирующие набранный абонентом требуемый номер (рис. 6.3). Управление процессом соединения в регистровой системе

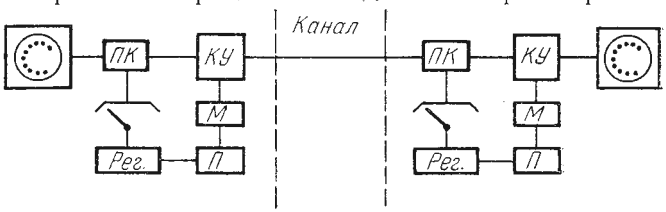


Рис. 6.3. Регистровая система дальней автоматической связи

осуществляется тремя основными устройствами: регистром, принимающим от абонента информацию, необходимую для определения адреса требуемого абонента; пересчетчиком, выполняющим все логические операции в процессе установления соединения, и маркером — устройством, непосредственно управляющим работой коммутационных устройств.

В этом варианте первый этап коммутации заканчивается подключением абонентской линии к регистру и регистрацией набираемого номера. Все дальнейшее соединение осуществляется под контролем маркера, который принимает от пересчетчика информацию о набранном абонентом номере, кодирует эту информацию определенным образом и в виде кодового сообщения передает в коммутирующие устройства и дальше по каналам.

В каждом коммутационном пункте имеется дешифратор, при помощи которого кодовая комбинация расшифровывается, а логиче-

ские устройства, участвующие в процессе соединения, определяют дальнейший процесс коммутации.

Регистровая система особенно удобна при организации оперативной телефонной связи, поскольку позволяет освободить оператора от набора многозначного номера и обеспечивает выполнение требуемого соединения в результате однократного нажатия оператором кнопки или клавиши, определяющей требуемое направление. Регистровая система обладает еще одним преимуществом, особенно существенным для оперативной связи. Регистр позволяет значительно проще организовывать различные обходные соединения, что обеспечивает более гибкую структуру сети, а следовательно, и ее более высокую надежность и живучесть.

6.2. ДАТЧИКИ И ПЕРЕДАЧА УПРАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ

При любом дистанционном управлении коммутационными устройствами требуется послать по каналу связи управляющие сигналы, которые, воздействуя на приемное устройство, вызывают срабатывание коммутирующих элементов и образование требуемого тракта.

Наиболее распространенным датчиком управляющих сигналов в сетях автоматической телефонной связи является номеронабиратель, который представляет собой заводной механизм, обеспечивающий посылку управляющих сигналов, число которых соответствует набираемой цифре. Посылаемые импульсы обладают следующими временными характеристиками: число импульсов в секунду — 7—13, длительность импульсов — 43—94 мс, скважность импульсов — 26,5—62 мс, импульсный коэффициент —1,3—1,9. За один цикл работы номеронабиратель может послать управляющий сигнал, содержащий от 1 до 10 импульсов. При многозначном управляющем коде, например многозначном абонентском номере, требуется многократный завод диска номеронабирателя в соответствии с числом знаков в набираемом номере.

Более совершенным датчиком управляющих импульсов набора номера является устройство, получившее название «Автонабор», позволяющее запрограммировать до 24 абонентских номеров и осуществлять набор любого из этих запрограммированных номеров однократным нажатием вызывной кнопки. Формирование серий импульсов набора осуществляется в схеме датчика автоматически. Структурная схема телефонного аппарата «Автонабор» приведена на рис. 6.4.

Аналогичное устройство с интегральными элементами и емкостью до 60 запрограммированных номеров получило название «Элетап» (электронный телефонный аппарат, рис. 6.5).

Дистанционное управление коммутационными устройствами в любом варианте требует передачи по каналу связи сигналов, несущих информацию о требуемом соединении. Передача управляющих сигналов по каналам связи всегда сопровождается различными помехами и искажениями, от которых во многом зависит правиль-

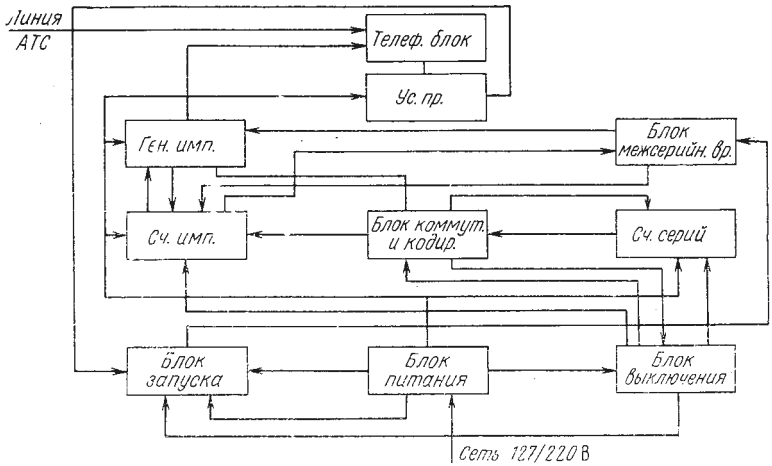


Рис. 6.4. Структурная схема устройства «Автонабор»

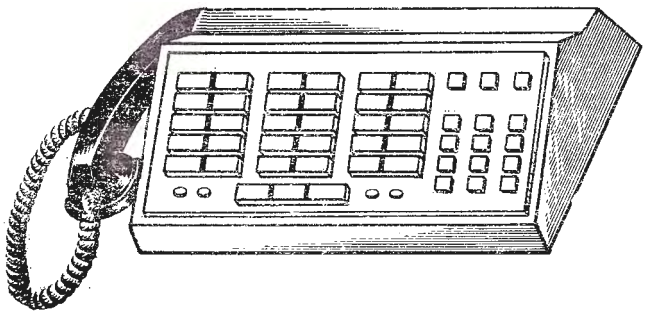


Рис. 6.5. Общий вид устройства «Элетап»

ность функционирования системы, и как частный случай, правильность установления соединений, необходимых для образования тракта оперативного переговора. Характер искажения сигналов управления зависит от ряда причин и, в первую очередь, от способа передачи управляющих сигналов.

Способов передачи управляющих сигналов существует несколько. Наибольшее распространение получили следующие способы: передача управляющих сигналов импульсами постоянного тока, передача управляющих сигналов индуктивными импульсами и передача управляющих сигналов импульсами тока тональной частоты разговорного спектра. В табл. 6.1 приведены различные способы передачи управляющих сигналов по каналам связи. Для дистанционного управления коммутационными устройствами необходимо по каналу связи передавать следующие основные управляющие сигналы: сигнал занятия, основные сигналы управления и сигнал отключения (отбой). Кроме того, по каналам связи передаются некоторые вспомогательные сигналы, сопутствующие процессу дистанционного управления коммутирующими устройствами. Все даль-

Таблица 6.1

СПОСОБЫ ПЕРЕДАЧИ УПРАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ

№ пп.	Способы передачи управляющих сигналов	Сигнал занятия	Основные сигналы управления	Сигнал отключения
1	Исходные сигналы			
2	Постоянным током			
3	Обрывом шлейфа			
4	Полярными импульсами			
5	Индуктивными импульсами (вариант 1)			
6	Индуктивными импульсами (вариант 2)			
7	Импульсами тока тональной частоты			
8	Обрывом несущей частоты			
9	Изменением несущей частоты			
10	Переменной фазы несущей частоты			

нейшие рассуждения относятся, главным образом, к основным управляющим сигналам.

Сигнал занятия передается по каналу связи со стороны оператора, осуществляющего соединение. Назначение сигнала занятия — привести включенную на противоположном конце канала аппаратуру в состояние готовности к приему основных сигналов управления. Характер сигнала занятия зависит от способа передачи управляющих сигналов. Так, для способов 2, 5 и 7 сигналами занятия являются соответственно одиночный импульс постоянного тока, индуктивный импульс и импульс тока тональной частоты. По способу 6

сигнал занятия передается двумя индуктивными импульсами. По способу 3 сигналом занятия служит замыкание цепи телефона, в результате чего по цепи шлейфа начинает проходить постоянный ток от источника питания, установленного со стороны объекта, на который предполагается передавать сигналы управления. По способу 4 сигналом занятия является подача в канал постоянного напряжения определенной полярности. По способам 8, 9 и 10 сигналом занятия является подача в канал тока сигнальной частоты.

Основные сигналы управления передаются вслед за сигналом занятия. Эти сигналы несут всю ту информацию, которую необходимо передавать на управляемый объект.

При способе 2 в линию подаются импульсы постоянного тока; при способе 3 управляющие сигналы передаются обрывом цепи шлейфа; при способе 4 — переменой полярности подаваемого в линию напряжения; при способах 5 и 6 — индуктивными импульсами; при способе 7 — импульсами тока тональной частоты; при способе 8 — путем прекращения передачи в канал тока сигнальной частоты; при способе 9 — изменением частоты сигнального тока; при способе 10 при передаче каждого управляющего сигнала происходит сдвиг на 180° фазы сигнального тока тональной частоты.

Сигнал отключения (отбоя) передается по каналу связи, когда отпала необходимость в соединении, выполненном коммутационными устройствами под воздействием переданных управляющих сигналов. Это происходит, например, по окончании разговора между операторами управляющего и управляемого объектов. Сигнал отключения приводит в исходное состояние коммутирующие устройства, а устройства, принимающие сигналы управления, приводятся в состояние ожидания нового занятия.

На рис. 6.6 показаны варианты передачи управляющих сигналов импульсами постоянного тока. Схема каждого варианта сопровождается графическим изображением процесса передачи сигналов по линии связи.

Вариант рис. 6.6*а* характеризуется тем, что при каждом импульсе, поступающем по управляющему проводу, срабатывает импульсное реле *ИР* и при каждом импульсе подключает к линии напряжение от источника постоянного тока (+ —). К проводу $Л_1$ подключается плюс источника питания, а к проводу $Л_2$ — минус. От этого на приемном конце срабатывает приемное реле *ПР* и транслирует импульсы в исполнительное устройство. На графике показан процесс передачи управляющих сигналов по линии.

Вариант рис. 6.6*б* характеризуется подачей в линию импульсов постоянного тока переменной полярности. При поступлении управляющего сигнала срабатывает импульсное реле *ИР*, в результате чего к проводу $Л_1$ подключается плюс источника питания, а к проводу $Л_2$ — минус. Одновременно получает питание замедленное серийное реле *СР*, которое подготавливает перемену полярности в линии и, будучи замедленными, в интервале между импульсами продолжает удерживать якорь притянутым за счет замедления. Когда реле ИР в интервале между двумя сигнальными импульсами

отпустит якорь, то его контакты примут исходное положение, поменяют полярность напряжения, подаваемого в линию, и на провод $Л_1$ от контактов реле *СР* будет подаваться минус, а на провод $Л_2$ — плюс. В линию включено поляризованное приемное реле *ПР*, которое является приемником управляющих сигналов. Это реле при одной полярности замыкает свой контакт, а при обратной — размыкает. Особенностью вариантов рис. 6.6*аб* является то, что напряжение в линию подается со стороны пульта управления.

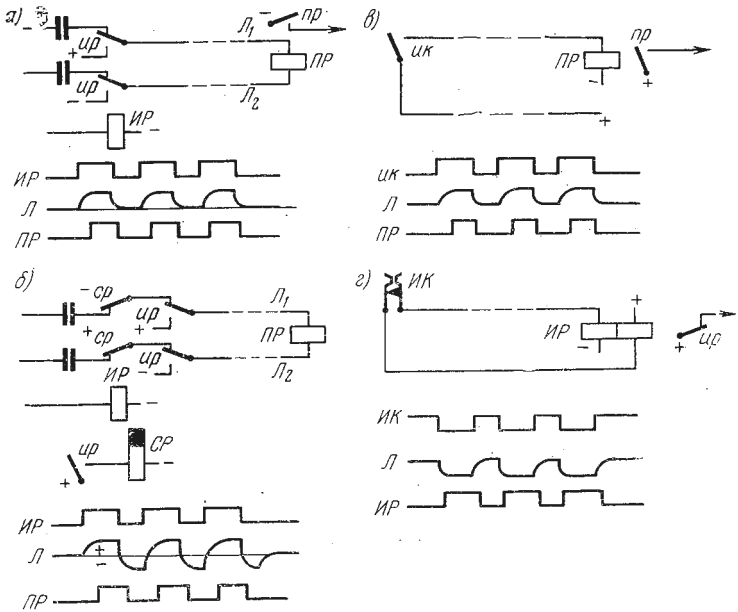


Рис. 6.6. Передача управляющих сигналов постоянным током: *а* — одной полярности; *б* — переменной полярности; *в* — замыканием шлейфа; *г* — размыканием шлейфа

Вариант 6.6*в* характерен тем, что питающее напряжение подается в линию со стороны управляемого объекта. При необходимости послать управляющий сигнал следует замкнуть контакт *ик*, в результате чего приемное реле получает питание и срабатывает, замыкая свой контакт. От замыкания этого контакта управляющий сигнал передается исполнительному устройству. Вариант рис. 6.6*г* также характеризуется передачей напряжения в линию со стороны управляемого объекта. Отличие этого варианта от варианта рис. 6.6*в* заключается в том, что управляющие сигналы подаются не замыканием, а размыканием шлейфа. Импульсное реле *ИР* все время находится под током и держит якорь притянутым (контакт этого реле будет разомкнут). При подаче управляющего сигнала импульсные контакты датчика сигнала размыкаются и цепь питания реле *ИР* обрывается. Реле *ИР* от этого отпускает якорь и замыкает свой контакт, создающий цепь передачи управляющего сигна-

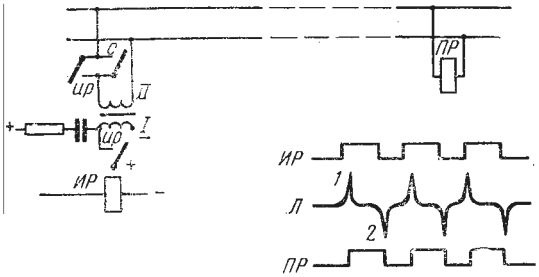


Рис. 6.7. Передача управляющих сигналов индуктивными импульсами

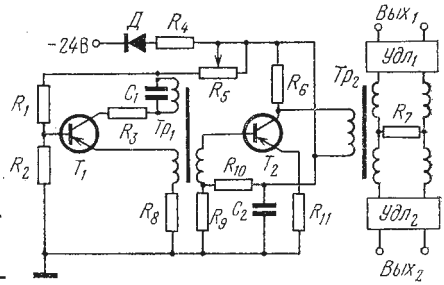


Рис. 6.8. Генератор тока тональной частоты

ла исполнительному устройству. На таком принципе основан набор номера во всех современных АТС; датчиком при этом является номеронабиратель телефонного аппарата абонента или специальное кнопочное устройство, которыми в последнее время стали заменяться номеронабиратели.

На рис. 6.7 приведена схема, поясняющая принцип передачи управляющих сигналов индуктивными импульсами. При подаче управляющего сигнала срабатывает импульсное реле *ИР* и своим контактом включает питание первичной обмотки импульсного трансформатора.

В результате этого во вторичной обмотке трансформатора возникает индуктивный импульс определенной полярности (на графике этот импульс обозначен цифрой *1*). При отпускании якоря импульсного реле контакт *ир* размыкается и цепь питания первичной обмотки трансформатора обрывается. В результате во вторичной обмотке возникает индуктивный импульс *2*, имеющий полярность, обратную импульсу *1*. На противоположном конце в линию включено поляризованное реле *ПР*, которое при импульсе *1* замыкает свой контакт и остается в таком положении до прихода импульса *2* (обратной полярности), от которого реле *ПР* переключает свой контакт в исходное состояние.

Для передачи управляющих сигналов токами тональной частоты на передающем конце канала устанавливается генератор сигнального тока, частота которого находится в полосе разговорного спектра (300÷3400 Гц), и устройство, которое подключает генератор к каналам связи при передаче каждого управляющего сигнала.

Для устойчивой передачи управляющих сигналов генератор должен удовлетворять следующим основным требованиям: стабильность частоты сигнального тока должна быть такой, при которой отклонения от номинальной величины будут не более чем на ±0,25%; мощность генератора должна обеспечивать заданную нагрузку и изменяться при ее допустимых изменениях не более чем на 0,87 дБ; коэффициент нелинейных искажений должен быть не более 5%. На рис. 6.8 приведена одна из схем генератора сигнального тока тональной частоты, собранного на транзисторах. Здесь транзистор T_1 является генератором тока, частота которого опреде-

ляется соответствующим подбором элементов. Транзистор T_2 является выходным усилителем генератора.

Устройство, обеспечивающее передачу управляющего сигнала в канал связи, не должно вносить искажений во временные характеристики передаваемых сигналов. Этому требованию отвечают схемы электронных ключевых устройств, которые за последнее время находят самое широкое распространение, заменяя релейные схемы, обладающие рядом существенных недостатков (временные искажения, дребезг контактов, недостаточно надежный контакт и др.). На рис. 6.9*а* приведена одна из схем электронного ключевого ус-

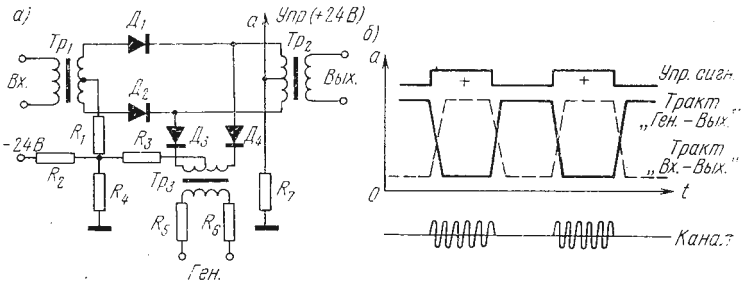


Рис. 6.9. Электронное ключевое устройство:
а — схема; *б* — график работы

тройства, используемого для передачи управляющих сигналов, передаваемых током тональной частоты в канал связи. В показанном на рисунке состоянии диоды $Д_1$ и $Д_2$ открыты, а диоды $Д_3$ и $Д_4$ закрыты. В результате этого образован разговорный тракт *Вх.—Вых.* Затухание тракта составляет 1,74÷2,61 дБ. Тракт передачи управляющих сигналов *Ген.—Вых.* закрыт и затухание составляет 60,8÷÷69,5 дБ. При управляющем сигнале на провод *а* подается +24 В, в результате чего меняется режим работы диодов. Диоды $Д_1$ и $Д_2$ закрываются и диоды $Д_3$ и $Д_4$ открываются. В результате этого тракт *Вх.—Вых.* будет закрыт, а тракт *Ген.—Вых.* открывается и в канал поступает сигнальный ток тональной частоты. На рис. 6.9*б* графически изображен процесс работы электронного ключевого устройства.

На рис. 6.10 приведены три различных способа передачи управляющих сигналов токами тональной частоты. При передаче по проводу *с* управляющих сигналов срабатывает импульсное реле *ИР* и своими контактами подключает к проводам *а* и *b* канала связи генератор переменного тока тональной частоты (рис. 6.10*а*). На приемной стороне канала этот импульс тока тональной частоты принимается приемником, настроенным на эту частоту. Приемник преобразует импульсы тока тональной частоты в импульсы постоянного тока и передает их исполнительным устройствам.

На рис. 6.10*б* показан принцип передачи управляющих сигналов путем изменения частоты сигнального тока. При подключении к

каналу по проводу *с* подается плюс батареи, реле *ИР* срабатывает и через контакт $ир_1$ подает плюс на серийное реле *С*, которое срабатывает и подключает к каналу связи генератор тока тональной частоты ГТЧ. В канал связи начинает поступать ток сигнальной частоты, в результате чего на противоположной стороне канала происходит подготовка схемы к приему сигнальных импульсов. При

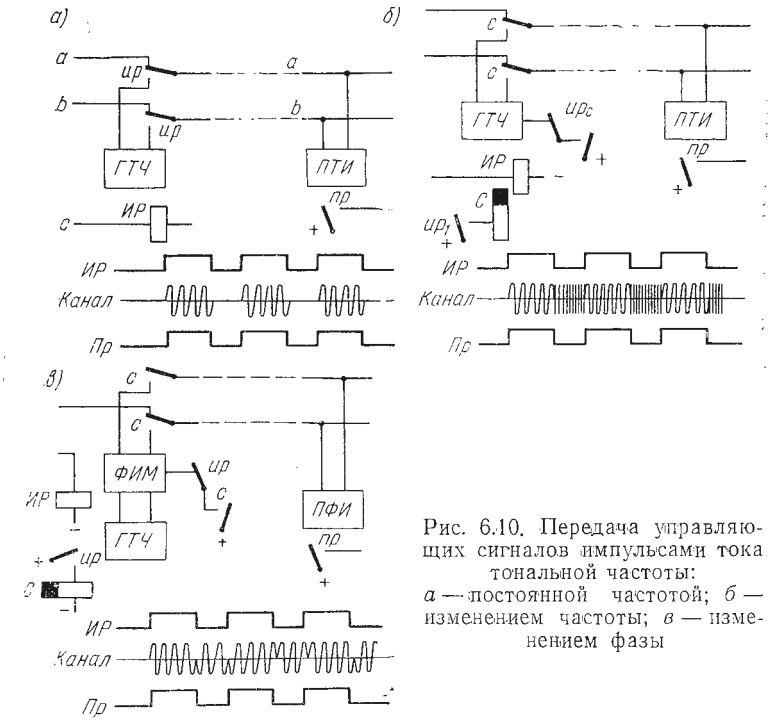


Рис. 6.10. Передача управляющих сигналов импульсами тока тональной частоты:
а — постоянной частотой; *б* — изменением частоты; *в* — изменением фазы

передаче управляющих сигналов реле ИР начинает пульсировать и контактом $и_2$ создает цепь, вызывающую изменение частоты тока генератора ГТЧ. Каждое изменение частоты сигнального тока фиксируется в приемном устройстве на противоположном конце канала, в результате чего в исполнительное устройство выдаются сигналы управления.

На рис. 6.10*в* показан принцип передачи управляющих сигналов путем изменения фазы тока несущей частоты. При необходимости передать управляющий сигнал в канал связи подается несущая частота. Каждый управляющий сигнал передается изменением на 180° фазы тока несущей частоты, передаваемого в канал связи. На приемной стороне канала установлен приемник, фиксирующий каждое изменение фазы несущей частоты в канале и преобразующий эти изменения в импульсы постоянного тока.

Рассмотренные способы передачи управляющих сигналов имеют различную область применения. Способы, в которых управляю-

щие сигналы передаются импульсами постоянного тока или индуктивными импульсами, применяются в тех случаях, когда для передачи сигнала используются физические цепи сравнительно небольшой протяженности. При необходимости передавать сигналы управления на большие расстояния по каналам связи с усилительной аппаратурой или аппаратурой уплотнения, рассчитанной на передачу спектра в полосе от 300 до 3400 Гц, используются способы передачи токами тональной частоты.

6.3. ЗАЩИТА ОТ ЛОЖНЫХ СРАБАТЫВАНИЙ И СБОЕВ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Передача управляющих сигналов по каналам телефонной связи в той или иной мере всегда подвержена влиянию различного рода помех, возникающих в канале по различным причинам.

Приемное устройство, предназначенное для приема управляющих сигналов из канала связи и для передачи этих сигналов исполнительным устройствам управляемого объекта, всегда включено в канал и в любой момент должно быть готово принять передаваемый сигнал. Это обстоятельство обусловливает влияние помех, появившихся в канале связи, на аппаратуру дистанционного управления коммутирующими устройствами, так как приемник, будучи все время подключен к каналу, находится под воздействием не только сигналов, посылаемых для управления исполнительными устройствами, но и всякого рода помех, появляющихся в канале. Поэтому любая помеха, возникающая в канале, обязательно попадает в приемное устройство, и, если она по своим параметрам близка к управляющему сигналу, то может наступить имитация управляющего сигнала, приемное устройство может сработать и передать на исполнительное устройство ложный сигнал.

Влияние помех на приемное устройство может носить различный характер. Помеха, носящая постоянный характер, может настолько маскировать полезный сигнал, что он не будет воспринят приемником и произойдет потеря управляющего сигнала.

Под влиянием помехи, появившейся в момент передачи управляющего сигнала, передаваемый управляющий сигнал может настолько исказиться, что будет принят приемником как сигнал, имеющий совершенно иной смысл и иной характер воздействия на исполнительное устройство. Появление помехи в отсутствие сигнала, как уже говорилось, может создать его имитацию и вызвать нежелательное срабатывание исполнительного устройства.

Все сказанное приводит к снижению достоверности передаваемых сигналов и, если это рассматривать применительно к процессу дистанционного управления коммутирующими устройствами, может вызвать неправильную коммутацию трактов обмена речевой информации или нарушение выполненной ранее коммутации.

Способность аппаратуры, участвующей в процессе дистанционного управления, противостоять помехам и воспроизводить приня-

тые сигналы управления без существенных искажений, принято называть *помехозащищенностью* аппаратуры.

Помехозащищенность различных систем дистанционного управления, в первую очередь, зависит от способа осуществления передачи сигналов управления и характера искажений управляющих сигналов. Характер искажений управляющих сигналов, причины порождающие их и методы борьбы с ними зависят от ряда обстоятельств.

Рассмотрим с точки зрения помехозащищенности наиболее распространенные способы передачи управляющих сигналов и представляющие наибольший интерес для оперативной телефонной связи.

ПЕРЕДАЧА УПРАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ ПУТЕМ ОБРЫВА ШЛЕЙФА ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

На рис. 6.11 приведена схема передачи сигналов дистанционного управления путем обрыва шлейфа. Такой принцип широко используется на АТС, позволяя абонентам управлять коммутирующими устройствами (искателями АТС) по физическим цепям на расстоянии порядка 10—15 км по воздушным и 5—10 км по кабельным линиям.

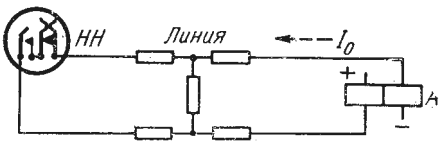


Рис. 6.11. Передача управляющих сигналов обрывом шлейфа

Из рис. 6.11 можно увидеть, какое искажение претерпевают сигнальные импульсы, посылаемые в линию датчиком (в данном случае номеронабирателями) и принимаемые приемным устройством (в данном случае реле *А*), и с какими искажениями они дойдут до исполнительного элемента. На этой схеме изображен номеронабиратель *НН*, являющийся датчиком сигналов управления (импульсов набора номера), питающее реле *А*, являющееся приемником сигналов, и промежуточное звено (абонентская линия), представляющее собой пассивный четырехполюсник, электрические параметры которого в реальных условиях распределены по всей линии, а на рисунке показаны в виде сосредоточенных элементов.

Искажения, вносимые датчиком. В рабочем состоянии по шлейфу протекает ток, питающий цепь микрофона аппарата (не показанного на рисунке), величина которого, главным образом, зависит от сопротивления шлейфа. На рис. 6.11 этот ток показан пунктирной линией и обозначен I_0. Управляющие сигналы передаются путем размыкания контакта *НН* при возвращении в исходное положение номеронабирателя после его завода. В схемах АТС, согласно техническим условиям, сигналы управления (импульсы набора) передаются со скоростью 9—11 имп/с и характеризуются

так называемым импульсным коэффициентом

$$K = t_р/t_з, \tag{6.1}$$

где $t_р$ — время, в течение которого импульсный контакт номеронабирателя во время набора номера разомкнут; $t_з$ — то же, замкнут.

Период следования импульсов определяется по формуле

$$T = t_р + t_з = \frac{1}{v}; \; v = 1/(t_р + t_з), \tag{6.2}$$

где v — частота импульсов;

$$t_р = \frac{K}{v(1+K)}; \; t_з = \frac{1}{v(1+K)}. \tag{6.3}$$

Если в качестве датчика импульсов рассматривать номеронабиратель или другое аналогичное устройство, предназначенное для набора номера абонентом АТС, то можно считать, что импульсный коэффициент зависит от регулировки номеронабирателя или от подбора параметров элементов, из которых состоит датчик (например, электронный). Нормальным принято считать такой датчик, который дает 10 имп/с и имеет импульсный коэффициент, равный 1,6. У такого датчика время разомкнутого состояния контактов составляет 61,5 мс, а время замкнутого состояния — 38,5 мс, что является наиболее благоприятным для работы электромагнитов шаговых искателей АТС.

Техническими условиями допускается отклонение характеристик импульсов набора номера. Так, скорость следования импульсов допускается от 9 до 11 имп/с, а импульсный коэффициент — от 1,3 до 1,9. Таким образом, если учитывать эти допуски, то параметры импульсов набора могут изменяться в соответствии с данными, приведенными в табл. 6.2. В этой таблице даны параметры импульсов при изменении скорости их следования от 7 до 13 в секунду и при изменении импульсного коэффициента от 1,3 до 1,9. Из табл. 6.2. видно, что при таком изменении скорости следования импульсов и импульсного коэффициента длительность периода импульса может изменяться от 77 до 143 мс. Длительность токовых посылок, поступающих в управляемые устройства, может изменяться от 43,5 до 94 мс, а длительность интервалов между токовыми посылками — от 26,5 до 62 мс. На рис. 6.12 по данным табл. 6.2 построены графики отклонений параметров импульсов; жирной линией показана область отклонений, допустимых ТУ. Эта область может быть несколько расширена, если управляющие сигналы предназначаются для управления не электромагнитными устройствами, а электронными, как, например, в квазиэлектронных АТС.

Искажения, вносимые соединительной линией. Электрические параметры соединительной линии существенно сказываются на процессе передачи управляющих сигналов, вызывая искажения формы передаваемых сигналов. Эти искажения обусловливаются наличием определенного активного сопротивления у ли-

Таблица 6.2

ПАРАМЕТРЫ ИМПУЛЬСОВ

Число импульсов в секунду	Импульсный коэффициент K	Период импульсов Т, мс	Время, мс	
			$t_р$	$t_з$
7	1,3	143	81,0	62,0
	1,4		83,5	59,5
	1,6		88,0	55,0
	1,8		92,0	51,0
	1,9		94,0	49,0
8	1,3	125	71,0	54,0
	1,4		73,0	52,0
	1,6		77,0	48,0
	1,8		80,0	45,0
	1,9		82,0	43,0
9	1,3	111	63,0	48,0
	1,4		65,0	46,0
	1,6		68,0	43,0
	1,8		71,0	40,0
	1,9		73,0	38,0
10	1,3	100	56,5	43,5
	1,4		58,5	41,5
	1,6		61,5	38,5
	1,8		64,0	36,0
	1,9		65,5	34,5
11	1,3	91	50,0	41,0
	1,4		53,0	38,0
	1,6		56,0	35,0
	1,8		58,5	32,5
	1,9		59,5	31,5
12	1,3	83	47,0	36,0
	1,4		48,0	35,0
	1,6		51,0	31,0
	1,8		53,0	30,0
	1,9		84,0	29,0
13	1,3	77	43,5	33,5
	1,4		45,0	32,0
	1,6		47,5	29,5
	1,8		49,5	27,5
	1,9		50,5	26,5

нии, проводимости изоляции, индуктивности и емкости. Наибольшее влияние на форму передаваемого постоянным током сигнала оказывают активное сопротивление шлейфа, проводимость и емкость. Влияние этих параметров сводится в основном к тому, что изменяется время срабатывания и отпускания импульсного реле, включаемого в цепь соединительной линии и являющегося приемником управляющих сигналов. Таким образом импульсы, передаваемые этим реле исполнительным элементам, становятся искаженными.

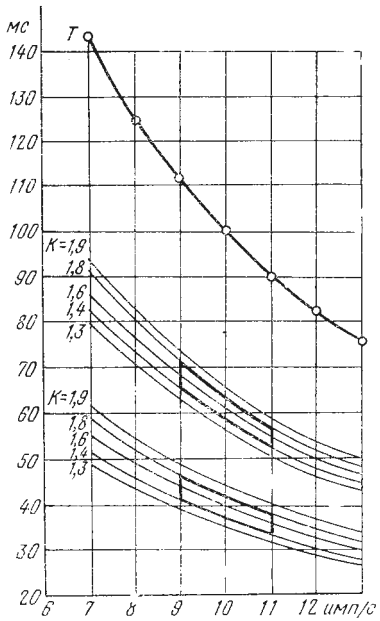


Рис. 6.12. График отклонений параметров импульсов

С увеличением активного сопротивления шлейфа соединительной линии уменьшается ток в обмотке импульсного реле *А* и, следовательно, увеличивается его время срабатывания и уменьшается время отпускания. На рис. 6.13*а* показан общий характер влияния активного сопротивления шлейфа соединительной линии на работу импульсного реле, включенного в эту линию. С увеличением проводимости изоляции в цепи шлейфа, где работает импульсное реле, появляется ток утечки, постоянно воздействующий на электромагнит реле. Этот ток, возрастающий с увеличением проводимости изоляции, уменьшает время срабатывания реле и увеличивает время отпускания. На рис. 6.13*б* показан общий характер влияния проводимости изоляции соединительной линии.

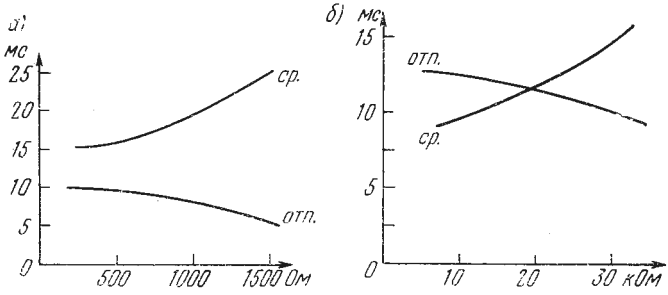


Рис. 6.13. Влияние на характер импульсов:
а — активного сопротивления шлейфа; *б* — проводимости изоляции

Влияние емкости между проводами шлейфа сказывается, главным образом, на времени отпускания импульсного реле, включенного в соединительную линию. На время срабатывания импульсного реле емкость между проводами соединительной линии заметного влияния не оказывает. Влияние емкости на время отпускания импульсного реле объясняется тем, что в момент размыкания импульсного контакта датчика ток в цепи обмотки реле исчезает не мгновенно, а за счет заряда емкости линии спадает в течение некоторого времени. При емкости соединительной линии в пределах 0,5 мкФ величина замедления на отпускание не превосходит не-

скольких миллисекунд и, таким образом, большого практического значения не имеет.

Искажения, вносимые приемным устройством. Приемным устройством, принимающим сигналы управления и передающим их исполнительным устройствам, в рассматриваемом случае является реле. Время срабатывания и отпускания реле, принимающего сигналы управления, является весьма существенным фактором, обеспечивающим надежное действие аппаратуры, несоответствующие временные характеристики реле могут привести к значительным искажениям управляющих сигналов.

Из теории электромагнитных цепей известно, что показателем скорости изменения тока в обмотке реле является отношение индуктивности реле к его активному сопротивлению; это отношение называется *постоянной времени реле* и выражается формулой

$$\tau = L/R. \tag{6.4}$$

Время срабатывания и отпускания реле определяется по формулам

$$t_{ср} = \tau \ln \frac{K_{ср}}{K_{ср} - 1}; \quad t_{отп} = \tau \ln K_{отп}, \tag{6.5}$$

где $K_{ср} = I_0/I_{ср}$ — коэффициент запаса надежности по току срабатывания; $K_{отп} = I_0/I_{отп}$ — коэффициент запаса надежности по току отпускания.

Отношение времени срабатывания к времени отпускания называется *коэффициентом искажения:*

$$K_{иск} = K_{ср}/K_{отп}. \tag{6.6}$$

Этот коэффициент показывает, что соответствующим подбором значений $t_{ср}$ и $t_{отп}$ можно добиться не только полного отсутствия искажений управляющих сигналов, но и скорректировать их, если

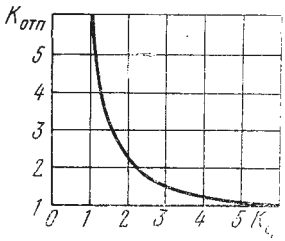


Рис. 6.14. График коэффициента искажения

к приемному реле управляющие сигналы пришли уже искаженными. Условие отсутствия искажения, т. е. когда $K_{иск} = 1$, выражается формулой

$$K_{иск} = \frac{K_{ср}}{K_{отп}} = \frac{\tau \ln \dfrac{K_{ср}}{K_{ср} - 1}}{\tau \ln K_{отп}} = 1,$$

откуда

$$\frac{K_{ср}}{K_{ср} - 1} = K_{отп}. \tag{6.7}$$

На рис. 6.14 эта зависимость показана графически.

ПЕРЕДАЧА УПРАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ ИНДУКТИВНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ

Способ передачи управляющих сигналов индуктивными импульсами, получающимися во вторичной обмотке трансформатора при замыкании и размыкании цепи питания первичной обмотки, был показан на рис. 6.7.

Приемником управляющих сигналов является поляризованное реле, постоянно включенное в линию на приемной стороне канала. На поляризованное реле могут воздействовать импульсы, появившиеся на линии в результате, например, атмосферных разрядов или индуктивных влияний других линий, если эти импульсы будут иметь амплитуду, достаточную для срабатывания поляризованного реле. Защита от таких помех осуществляется путем ограничения чувствительности поляризованного реле.

Наиболее опасной помехой при передаче управляющих сигналов индуктивными импульсами является такая, при появлении которой имитируется сигнал подготовки аппаратуры к приему серии управляющих сигналов, в результате чего приемное устройство срабатывает, происходит ложное занятие исполнительного устройства и блокировка его в таком состоянии на неопределенное время. Для защиты от блокировки приходится предусматривать специальное сбрасывающее устройство, которое, если за занятием не последовало передачи сигналов управления (набора номера), сбросит ложное занятие. Защищенность сигналов управления зависит от их структуры. Чем она сложнее, тем меньше вероятность имитации сигнала занятия, так как меньше вероятность появления помехи, структура которой соответствовала бы структуре управляющих импульсов.

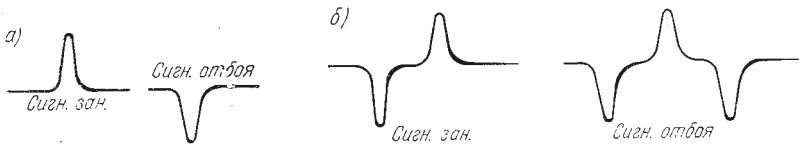


Рис. 6.15. Структуры управляющих сигналов:
а — простая; *б* — сложная

На рис. 6.15 приведено графическое изображение наиболее распространенных структур управляющих сигналов в системах с передачей управляющих сигналов индуктивными импульсами.

ПЕРЕДАЧА УПРАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ ТОКАМИ ТОНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ

Наибольший практический интерес представляют универсальные способы передачи управляющих сигналов, позволяющие осуществлять дистанционное управление как по физическим цепям, так и по телефонным каналам, оборудованным усилителями тональной частоты или многоканальной аппаратурой уплотнения. Наиболее

распространенным универсальным способом дистанционного управления различными исполнительными устройствами является способ передачи управляющих сигналов импульсами тока тональной частоты.

Аппаратура дистанционного управления, построенная на этом принципе, наиболее подвержена влиянию различных помех. Это объясняется тем, что приемник управляющих сигналов во время разговора остается включенным в канал и, следовательно, находится под воздействием разговорных токов, передаваемая полоса спектра которых захватывает и частоту, на которую настроен приемник.

Таким образом, при наличии в телефонном канале разговорных токов и токов различных помех могут создаться условия, при которых будет имитироваться управляющий сигнал, в результате чего может сработать приемник и послать ложный сигнал исполнительному устройству, которое может сработать. При дистанционном управлении коммутационными устройствами по каналам дальней автоматической связи ложный сигнал, поступивший в момент, когда аппаратура не занята, может привести к ее ложному занятию. Ложный сигнал, поступивший во время набора номера, может исказить набор и привести к неправильному соединению. Появление ложного импульса во время разговора может имитировать отбойный сигнал, и установленное соединение может нарушиться.

Наиболее вероятно появление ложного имитированного сигнала во время разговора по каналу связи, когда приемник сигналов все время находится под воздействием разговорных токов. Весьма вероятно также появление ложного имитированного сигнала во время набора номера, так как в интервале между сериями импульсов канал оказывается подключенным к абонентскому шлейфу и, следовательно, приемник сигналов противоположного конца будет находиться под воздействием разговорных токов от микрофона вызывающего абонента.

Все эти явления крайне нежелательны, и поэтому приходится принимать ряд специальных мер защиты, ограждающих устройство приема от воздействия различного вида помех. К таким мерам относятся: ограничение ширины полосы частот, принимаемых приемным устройством; ограничение чувствительности приемника, замедление его срабатывания и применение частотной защиты; использование многочастотных систем.

Ограничение ширины полосы частот, принимаемых приемником, до величины 150÷200 Гц существенно снижает количество ложных срабатываний; дальнейшее сужение полосы приводит к искажению сигналов управления. Ограничение чувствительности приемника не дает ощутимого эффекта, так как при этом снижается чувствительность и на рабочих частотах, что увеличивает неустойчивость работы. Замедление срабатывания приемника является весьма эффективным средством борьбы с ложным срабатыванием. Это подтверждается кривыми, приведенными на рис. 6.16. Если замедление применяется для одиночных сигналов, то оно должно быть порядка

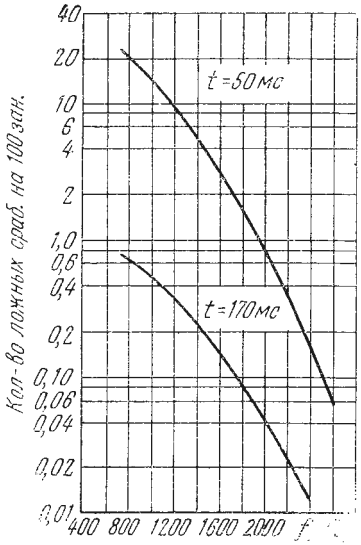


Рис. 6.16. Влияние замедления на количество ложных срабатываний приемника

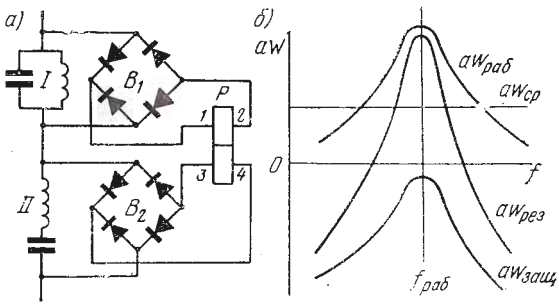


Рис. 6.17. Частотная защита: *а* — схема; *б* — график

150—200 мс; при серийных сигналах, как, например, при импульсах набора, максимальное замедление не может быть больше определенной величины, определяемой структурой серийного сигнала.

Весьма эффективным способом борьбы с помехами является частотная защита (рис. 6.17*а*), заключающаяся в том, что при поступлении на вход приемника разговорной частоты срабатывает защитная цепь, исключающая возможность имитации сигнала управления. На выходе приемника управляющих сигналов включаются последовательно два резонансных контура, настроенных на рабочую частоту. Контур *I* является контуром резонанса напряжений, контур *II* — контуром резонанса токов.

При поступлении сигнала, передаваемого током рабочей частоты, на контуре *I* в результате явления резонанса напряжения выделится наибольшее напряжение и, будучи выпрямлено мостом B_1, воздействует на обмотку *1—2* поляризованного реле *P*. В то же время на контуре *II* вследствие явления резонанса токов напряжение будет близким к нулю, поэтому никакого воздействия на обмотку 3—4 поляризованного реле это напряжение не произведет. Обмотки *1—2* и *3—4* поляризованного реле *P* включены навстречу друг другу.

Если же в схему попадает ток с частотой, отличной от рабочей, то на контуре *I* напряжение будет значительно меньше, чем на контуре *II*. Вследствие этого больший ток будет протекать по обмотке *3—4* и поляризованное реле не срабатывает. На рис. 6.17*б* графически показана работа схемы при частотной защите.

Для сравнения эффективности различных способов помехозащиты рассмотрим результат исследования подверженности помехам управляющих сигналов при различных способах передачи последних. Исследованию подвергались системы: 1) одночастотные с ис-

пользованием тока тональной частоты 600 Гц без частотной защиты и тока тональной частоты 1175 и 1675 Гц с частотной защитой; 2) двухчастотные с использованием тока тональной частоты 675+ +1175 Гц, 1100+1600 Гц, 1175+1675 Гц и 1100+1600 Гц с частотной защитой. В результате длительных испытаний получены данные о количестве ложных срабатываний в среднем за 10 ч непрерывной работы различных систем. Результаты сведены в график, приведенный на рис. 6.18. Как видно из его кривых, наибольшее число лож-

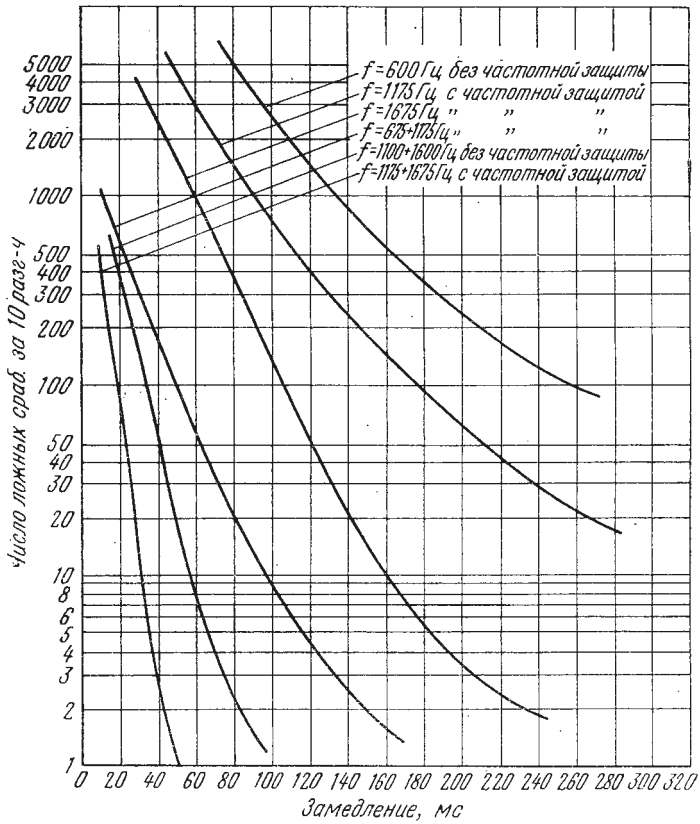


Рис. 6.18. График подверженности ложным срабатываниям различных систем

ных срабатываний дает приемник управляющих сигналов на частоте 600 Гц без частотной защиты. Значительно эффективнее оказывается применение для передачи управляющих сигналов токов двух частот.

Влияние на помехозащищенность приемника управляющих сигналов оказывает способ подключения приемника к разговорному тракту. Простое параллельное подключение (рис. 6.19) обладает тем недостатком, что приемник подвержен влиянию не только со стороны линии, но и со стороны станции, которое достигает значи-

тельных величин. Такое подключение вызывает необходимость иметь высокоомный вход у приемника, что не всегда желательно. На рис. 6.19*б* показано подключение приемника через неравноплечую дифференциальную систему. Применение неравноплечей диф-

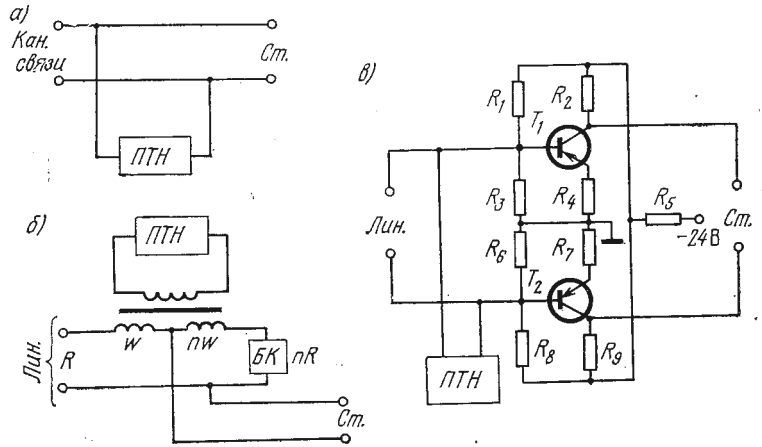


Рис. 6.19. Способы подключения приемника к разговорному тракту:
а — параллельное; *б* — через дифсистему; *в* — через буферный усилитель

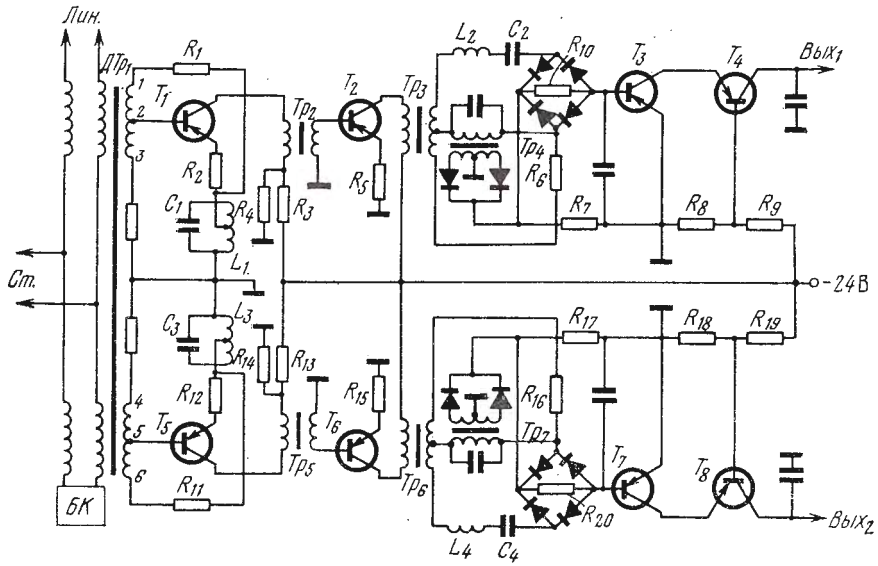


Рис. 6.20. Схема двухчастотного приемного устройства

ференциальной системы позволяет иметь величину вносимого в тракт затухания порядка 0,4—0,7 дБ, что достигается подбором соответствующего числа витков трансформатора. Неравноплечая дифсистема почти полностью исключает влияние станционной сто-

роны тракта. На рис. 6.19*в* показано подключение приемника управляющих сигналов через буферный усилитель. Буферный усилитель имеет нулевое усиление и пропускает переменный ток только в одном направлении — от линии к станции. Таким образом практически полностью исключается влияние на приемное устройство станционной стороны тракта, внося в это направление затухание порядка 60—69,5 дБ.

В качестве примера рассмотрим принцип действия двухчастотного приемного устройства (рис. 6.20). Приемное устройство подключается к разговорному тракту через неравноплечую дифференциальную систему *Тр*$_1$, *БК* и состоит из двух частей, каждая из которых настроена на свою рабочую частоту. Транзистор T_1 является предварительным усилителем, работающим в ключевом режиме. Он включен в диагональ моста, образованного резистором R_1, резонансным контуром L_1C_1 и обмотками *1—2* и *2—3* дифференциального трансформатора *ДТр*$_1$. Мост сбалансирован на противоположную частоту, т. е. если эта часть приемного устройства рассчитана на прием частоты f_1, то мост сбалансирован на частоте f_2. При поступлении на вход частоты f_2 цепь базы транзистора T_1 будет включена в диагональ сбалансированного моста и транзистор будет закрыт; при поступлении сигнала с частотой f_1 баланс моста нарушается, транзистор T_1 открывается и сигнал поступает на транзистор T_2. В цепь коллектора транзистора T_2 включен трансформатор *Тр*$_3$, вторичная обмотка которого совместно с контуром L_2C_2 и резистором R_6 образует мост, сбалансированный на частоте f_1. При поступлении сигнала с частотой f_1 на резисторе R_{10} выделится максимальное напряжение, транзистор T_3 откроется и совместно с транзистором T_4 будет усиливать постоянный ток. При поступлении в приемное устройство сигнала с частотой, отличной от f_1, мост будет разбалансирован и в диагонали его через трансформатор *Тр*$_4$ потечет ток. Этот ток, будучи выпрямленным, создаст на резисторе R_7 запирающее напряжение. Транзистор T_3 закроется, и сигнал не будет воспринят.

Аналогично работает вторая часть схемы, рассчитанная для приема сигналов с частотой f_2.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

Оборудование рабочих мест операторов

7.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Рабочее место оператора — это сложный комплекс весьма разнообразных устройств, обеспечивающих отображение информации, необходимой для работы оператора, возможность вести обмен речевой информацией и выдавать команды в виде сигналов управления.

Устройства, входящие в состав рабочего места оператора, могут быть разделены на три большие группы: устройства отображения информации, устройства обмена речевой информацией и устройства управления. Все эти устройства имеют чрезвычайно важное значение, определяющее эффективность функционирования всей системы в целом.

Устройства отображения и устройства речевого обмена обеспечивают оператора информацией, дополняя и резервируя друг друга, позволяя оператору принимать правильные решения о необходимых действиях в соответствии с создавшейся ситуацией. Устройства управления позволяют оператору реализовать принятые решения.

В данной книге рассматриваются только устройства обмена речевой информацией. Описание остальных устройств рабочих мест операторов выходит за рамки содержания данной книги и поэтому не приводится.

В зависимости от назначения рабочего места и объема функциональных обязанностей оператора средства обмена речевой информацией, установленные на рабочем месте, могут быть различны.

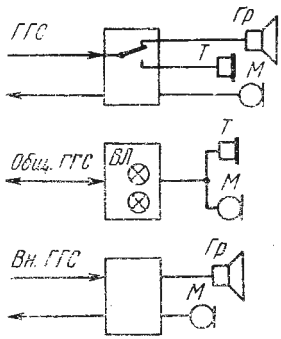


Рис. 7.1. Оборудование рабочего места оператора средствами обмена речевой информации

На рис. 7.1 приведена схема оборудования рабочего места оператора ЦПУ средствами обмена речевой информацией. На этой схеме показаны три обособленные группы устройств связи. Первая группа — это громкоговорящая связь (ГГС), позволяющая оператору ЦПУ вести оперативные переговоры с операторами управляемых объектов. В большинстве случаев для этой цели используются устройства, обеспечивающие громкоговорящий прием с вызовом голосом и с воз-

можностью перехода в случае необходимости на пользование гарнитурой, работающие по четырехпроводным каналам связи. Вторая группа средств связи предназначается для обеспечения оперативных переговоров с операторами взаимодействующих объектов по двухпроводным каналам связи с вызовом абонентов путем посылки вызывного индукторного тока (общая телефонная связь, Общ. ТС). Третья группа устройств связи обеспечивает громкоговорящую связь внутри данного объекта (Вн. ГГС). Как правило, средства внутриобъектной громкоговорящей связи устанавливаются на рабочем месте старшего оператора.

Схема оборудования средствами связи рабочего места оператора управляемого объекта, в принципе, ничем не отличается от схемы, приведенной на рис. 7.1.

7.2. ТРЕБОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭСТЕТИКИ

Обеспечение оптимальных условий работы операторов является важнейшей задачей при проектировании рабочих мест. При решении этой задачи неминуемо затрагиваются вопросы обеспечения наиболее эффективного функционирования системы «человек—машина», изучением которых занимается инженерная психология.

Многие рекомендации, даваемые инженерной психологией и касающиеся размещения оборудования на рабочих местах, на первый взгляд могут показаться несущественными, однако, как показывает опыт, выполнение этих рекомендаций значительно повышает эффективность работы операторов.

Одним из основных условий высокой эффективности работы операторов является обеспечение высокой доходчивости до оператора различных видов информации. В системе «человек—машина» именно это является решающим фактором, обеспечивающим эффективность функционирования систем управления, так как процесс функционирования систем представляет непрерывный информационный обмен. От машины к оператору идет осведомительная информация о режиме работы машины и о результатах этой работы, а от оператора к машине — командная информация, выраженная в его управляющих воздействиях(местных или дистанционных) на машину.

Систему «человек—машина» можно несколько упрощенно представить состоящей из двух звеньев: человека (оператора) — субъекта труда и машины — средств воздействия на объект труда. Поэтому под термином «машина» здесь подразумевается не только ЭВМ, но и весь комплекс различных устройств и агрегатов, функционирующих в системе.

Деятельность оператора, в отличие от деятельности машины, характеризуется наличием совершенно конкретной цели, которая предопределяет всю психологическую деятельность оператора. Наличие цели является определяющим фактором всего поведения опе-

ратора, располагающего определенными средствами и методами управления ими для достижения поставленной цели.

В отличие от работы автоматов, реагирующих на конкретное командное воздействие вполне определенным образом, человек, получая информацию, располагает возможностью выбора наиболее целесообразного метода реагирования в соответствии с создавшейся ситуацией. Следовательно, чем полнее будет информация, получаемая оператором, тем больше у него будет возможности правильного выбора наиболее рационального решения по воздействию на управляемый объект.

Таким образом, деятельность оператора, находящегося на рабочем месте и ведущего работу по управлению системой, может быть разбита на следующие этапы:

— восприятие информации о функционировании управляемого объекта;

— получение и восприятие дополнительной информации, более полно характеризующей ситуацию, создавшуюся на управляемом объекте;

— оценка создавшейся ситуации на основе сопоставления и анализа данных всей полученной информации;

— принятие решения по выбору способов управляющего воздействия на объект;

— выдача управляющих команд для реализации принятых решений;

— контроль за результатами отработки выданных команд и оценка эффекта, полученного в результате управляющего воздействия на объект.

Управляющее действие оператора будет тем эффективнее, чем меньше пройдет времени с момента восприятия информации до момента выдачи управляющих команд. Этот интервал времени определяется тем, что между моментом восприятия оператором информации о функционировании объекта и его ответным действием присутствует процесс мышления, который определяет длительность задержки в принятии решения и посылки управляющих сигналов. Это время, естественно, сокращается с накоплением опыта работы оператором. Время реакции оператора на полученную им информацию является одним из важнейших параметров, характеризующих его деятельность.

Исследование причин, влияющих на время реакции, показало, что весьма важное значение имеют условия восприятия информации. Время реакции оператора сокращается, если конструкция рабочего места обеспечивает хорошие условия восприятия информации.

Основными органами восприятия информации при дистанционном управлении являются зрение и слух. При помощи зрения воспринимается различная информация, передаваемая средствами передачи данных и воспроизводимая различными оптическими устройствами отображения. Посредством слуха воспринимается информация, передаваемая в виде различных акустических сигналов и

путем речевого обмена информацией по каналам оперативной телефонной связи.

Время, необходимое оператору для ответных действий на полученную информацию, определяется временными параметрами так называемого цикла управления. Циклом управления принято называть полное время прохождения осведомительной информации от управляемого объекта к оператору, время, необходимое оператору на реакцию, и время передачи командной информации от оператора к управляемому объекту. Время цикла управления определяется формулой

$$T_0 = t_0 + t_1 + t_2 + t_3 + t_n, \tag{7.1}$$

где T_0 — время цикла управления; t_0 — время, прошедшее с момента изменения параметра управляемого объекта до появления сигнала об этом; t_1 — время, необходимое оператору для восприятия сигнала и принятия решения о необходимых действиях; t_2 — время, необходимое на реализацию принятого решения; t_3 — время, необходимое для срабатывания исполнительных элементов; t_n — время, необходимое для того, чтобы на управляемом объекте изменившийся параметр принял заданную величину.

Время цикла управления может изменяться в известных пределах. Однако существует предельная величина этого времени. И если цикл управления не уложится в это предельное время, наступает отказ в функционировании управляемого объекта. Следовательно, управляемый объект нормально функционирует только тогда, когда время цикла управления меньше предельного времени управления, т. е. $T \geqslant T_0$, (T — предельное время управления). На практике это условие, как правило, всегда соблюдается, и оператор имеет в своем распоряжении некоторое резервное время, которое ограничивает временную свободу действий оператора и определяется формулой

$$t_{\text{рез}} = T - T_0 = T - t_0 - t_1 - t_2 - t_3 - t_n. \tag{7.2}$$

При конструировании рабочего места необходимо принимать меры к максимальному сокращению времени t_1 и t_2, что достигается рациональным расположением индикаторов отображения и средств управления.

В отношении речевого обмена информацией это требование учитывается при оборудовании рабочего места средствами связи. Пульт телефонной связи должен быть размещен на рабочем месте так, чтобы оператору при осуществлении речевого обмена информацией не приходилось совершать движений, требующих большой затраты времени, утомляющих оператора и отвлекающих его от основных действий по управлению системой. Все сигналы, появляющиеся на пульте связи, должны быть хорошо заметны оператору. Те из них, которые требуют немедленной реакции (например, сигнал поступившего вызова), должны дублироваться акустическим сигналом. Переговорные устройства должны применяться такие, которые обеспечивают воспроизведение речи с наименьшими искаже-

ниями, не требуют занятия рук оператора и не создают помех для работы соседних операторов. Наиболее целесообразным с этой точки зрения является применение гарнитуры, однако длительная работа с ней утомляет оператора, притупляя его внимание. Более целесообразно применение ножной педали для включения микрофона, когда говорит оператор, что полностью освобождает его руки.

Устройства громкоговорящей связи должны располагаться на рабочем месте так, чтобы оператор имел возможность без труда приблизиться к громкоговорителю (например, при слабой слышимости), а при необходимости — легко произвести регулировку силы звука регулятором, расположенным в удобном месте.

Для лучшего восприятия речевой информации важно, чтобы громкоговоритель располагался перед оператором, а не сзади его.

Громкоговорящая связь с возможностью циркулярного включения абонентов является наиболее оперативным видом связи, требующим минимальной затраты времени для вхождения в связь.

Внешнее оформление всего рабочего места и устройств связи, в частности, также имеет существенное значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Волоцкой А. Н., Дивногорцев Г. П.** Синтетическое телефонирование. — «Автоматика, телемеханика, связь», 1960, № 2, с. 11—15.
2. **Быховский Я. Л.** Информация — по линиям электропередач. М., «Знание», 1971. 32 с.
3. **Репина О. И.** Громкоговорящая телефонная связь. М., «Связь», 1969. 243 с.
4. **Романов А. Н., Фролов Г. А.** Основы автоматизации системы управления. М., Военное издательство, 1971. 248 с.
5. **Дальняя** связь. Под ред. А. М. Зингеренко. М., «Связь», 1970. 407 с.
6. **Ушаков В. А., Чанцов С. Д., Якуб Ю. А.** Проводная связь. М., «Связь», 1970. 399 с.
7. **Милейковский С. Г., Морозов А. П.** Основы дальней связи и аппаратура уплотнения сельских телефонных цепей. М., «Связь», 1969. 391 с.
8. **Губренко И. М., Кучумов Е. В.** Громкоговорящий телефонный аппарат АТГ-70. — «Электросвязь», 1972, № 1, с.
9. **Балакин А. С., Матлин Г. М., Яхнис Л. М.** Связь на промышленных предприятиях. Изд. 2-е, доп. и испр. М., «Связь», 1971. 454 с.
10. **Волоцкой А. Н.** Автоматическая телефонная связь. М., Трансжелдориздат, 1958. 232 с.
11. **Щуплов В. И.** и др. Автоматическая телефонная связь на железнодорожном транспорте. М., Трансжелдориздат, 1958. 180 с.
12. **Зотов А. И.** № 145257 (СССР). — «Бюл. изобрет. и товарных знаков», 1962, № 5.
13. **Аваков Р. А.** и др. Основы телефонии и теории телефонных сообщений. М., «Связь», 1969. 303 с.
14. **Автоматическая** междугородная телефонная связь. Под общей ред. Е. А. Зайончковского. М., «Связь», 1969. 298 с.
15. **Новиков О. А., Петухов С. П.** Прикладные вопросы теории массового обслуживания. М., «Советское радио», 1969. 460 с.
16. **Котин М. А.** Краткий курс инженерной психологии. Таллин, «Валгус», 1971. 308 с.
17. **Попов Г. П.** Инженерная психология в радиолокации. М., «Советское радио», 1971. 143 с.
18. **Мартьянов Б. К.** Телефонная коммутация. М., «Связь», 1972. 519 с.
19. **Босый Н. Д.** Многоканальные системы передачи информации. Киев, «Техника», 1971. 292 с.
20. **Структура** электронных управляющих устройств АТС. Информационный сборник «Техника связи за рубежом». М., «Связь», 1971. 117 с.
21. **Босый Н. Д.** Каналы связи. Киев, Гостехиздат, 1963. 392 с.
22. **Аппаратура** систем передачи по линиям связи. Справочник. М., «Связь», 1970. 680 с.
23. **Захаров Г. П., Варакосин Н. Г.** Расчет количества каналов связи при обслуживании с ожиданием. М., «Связь», 1967. 303 с.
24. **Винтук Э. А., Земниекс А. К.** А. С. № 270822 (СССР). Опубл. в бюлл. «Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки», 1970, № 17.
25. **Нестандартные** устройства производственной связи. М., «Связь», 1973. 192 с.
26. **Лазарев В. Г., Саввин Г. Г.** Сети связи, управление и коммутация. М., «Связь», 1973. 264 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Глава первая

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О СИСТЕМАХ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Предисловие 3

От автора 4

1.1. Общие сведения 5
1.2. Структура сложной системы 8
1.3. Взаимодействие элементов сложной системы 9
1.4. Средства управления сложной системой 10
1.5. Автоматизация управления сложной системой 11
1.6. Средства связи систем оперативного управления 14

Глава вторая

ТЕЛЕФОННАЯ СВЯЗЬ И ЕЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С УСТРОЙСТВАМИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ

2.1. Роль человека в процессе управления и особенности работы операторов 17
2.2. Телефонная связь как средство управления 20
2.3. Взаимодействие телефонной связи с устройствами автоматизации . . 22
2.4. Виды телефонной связи и применение 24
2.5. Каналы связи 27

Глава третья

ОПЕРАТИВНАЯ ТЕЛЕФОННАЯ СВЯЗЬ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

3.1. Особенности оперативной телефонной связи 33
3.2. Оперативная связь с индивидуальным подключением управляемых объектов 34
3.3. Оперативная связь с циркулярным и групповым подключением управляемых объектов 34
3.4. Оперативная связь с избирательным вызовом 36
3.5. Групповое подключение операторов к каналам оперативной связи . . 40
3.6. Особенности громкоговорящей связи и циркулярного соединения . . 41

Глава четвертая

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

4.1. Структура сети телефонной связи систем управления, характерные варианты и принципы построения 58
4.2. Особенности сети автоматической телефонной связи 65
4.3. Приоритетные соединения 68
4.4. Надежность и живучесть системы телефонной связи 69
4.5. Динамическое управление структурой сети 74

Глава пятая

КОММУТАЦИЯ ТРАКТОВ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

5.1. Виды коммутации 75
5.2. Коммутация трактов на коммутационных узлах 76
5.3. Коммутация трактов на пультах связи 81
5.4. Временная оперативная коммутация трактов 82
5.5. Устройства коммутации и их элементы 84

Глава шестая

УПРАВЛЕНИЕ УСТРОЙСТВАМИ КОММУТАЦИИ

6.1. Местное и дистанционное управление 95
6.2. Датчики и передача управляющих сигналов 98
6.3. Защита от ложных срабатываний и сбоев 106

Глава седьмая

ОБОРУДОВАНИЕ РАБОЧИХ МЕСТ ОПЕРАТОРОВ

7.1. Общие сведения 118
7.2. Требования инженерной психологии и технической эстетики 119
Список литературы 122

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «СВЯЗЬ» В 1974 г. ВЫХОДЯТ В СВЕТ СЛЕДУЮЩИЕ КНИГИ

Лазарев В. Г. **Электронная коммутация и управление в узлах связи.** Учебник для вузов.

Рассматриваются вопросы построения современных коммутационных систем и систем управления распределения информации на сетях связи.

Суторихин Н. Б. **Оценка надежности элементов коммутируемых телефонных сетей.**

Описывается система параметров надежности для элементов коммутируемых телефонных сетей. Приводятся методы расчета потерь сообщения. Даются рекомендации по расчету коэффициента простоя и определению требований к надежности элементов.

Городские телефонные станции. Учебник для техникумов.

Рассматриваются принципы построения городских АТС и городских телефонных сетей.

Панкратов В. П. **Фазовые искажения и их компенсация.**

Рассматривается теория влияния фазовых искажений на передачу дискретных сигналов по каналам тональной частоты при наличии помех и неравномерности частотных характеристик.

Мартин Д. **Сети связи и ЭВМ.**

Рассматриваются вопросы теории и практики передачи данных по сетям электросвязи и использования современных средств вычислительной техники.

Передача дискретной информации и телеграфия. Учебник для вузов.
Изд. 2-е, дополненное, переработанное.

Излагаются основы передачи дискретной информации, описываются дискретные элементы, передающие и приемные оконечные устройства, каналы связи. Рассматриваются вопросы построения и эксплуатации сетей передачи дискретной информации.

Казаринов И. А. **Проектирование электропитающих установок предприятий проводной связи.**

Приводится описание всех современных систем электропитания, схемы ЭПУ, их расчет и комплектование. Рассказывается о проектировании систем дистанционного питания.

Милейковский С. Г. **Основы многоканальной связи.**

Рассматриваются методы уплотнения линий связи способами частотного и временного разделения каналов, а также принцип работы систем ИКМ-ВД.

Александр Николаевич Волоцкой

Телефонная связь в системах оперативного управления

Художник *Г. Р. Левин* Техн. редактор *Г. И. Колосова*
Редактор *Е. А. Образцова* Корректор *Л. П. Текунова*

Сдано в набор 23/I 1974 г. Подписано в печ. 18/IV 1974 г.
Т-07185. Формат 60×90 1/16. Бумага тип. № 1. 8,0 усл.-п. л. 8,2 уч.-изд. л.
Тираж 14 600 экз. Изд. № 15810. Зак. № 28. Цена 44 коп.
Издательство «Связь». Москва 101000, Чистопрудный бульвар, д. 2.

Типография издательства «Связь» Госкомиздата СССР.
Москва 101000, ул. Кирова, д. 40.

Цена 44 коп.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «СВЯЗЬ»